

Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Zürich
Direktor: Prof. Dr. med. M. Schär

Institut für Ernährungsforschung, Rüschlikon-Zürich
Direktor: Dr. A. Blumenthal

Arbeit unter der Leitung von Dr. med. M. Stransky

Ballast- und Nährstoffgehalt der Säuglingsnahrung

Eine Bestandesaufnahme im dritten Trimenon

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von
RALPH JOSEF WILD
von Freienbach / Schwyz

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. M. Schär

Zürich 1981
Zentralstelle der Studentenschaft



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Zürich
Direktor: Prof. Dr. med. M. Schär

Institut für Ernährungsforschung, Rüschlikon-Zürich
Direktor: Dr. A. Blumenthal

Arbeit unter der Leitung von Dr. med. M. Stransky

Ballast- und Nährstoffgehalt der Säuglingsnahrung

Eine Bestandesaufnahme im dritten Trimenon

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von
RALPH JOSEF WILD
von Freienbach / Schwyz

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. M. Schär

Zürich 1981
Zentralstelle der Studentenschaft



Eine Zusammenfassung der Arbeit ist in der Zeitschrift Sozial- und Präventivmedizin erschienen: Vol. 25 Fasc. 4, pp 182 - 183, 1980.

FUER RUTH

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. METHODIK	2
3. GESTALTUNG DES ERNAEHRUNGSPLANES	5
3.1. Grundlagen	5
3.2. Resultate und Diskussion	9
4. BALLASTSTOFFE	16
4.1. Einleitung	16
4.2. Nomenklatur und Definitionen	17
4.3. Chemische Struktur und Wirkungsweise der einzelnen Ballaststoffkomponenten	20
4.4. Diätetisch nutzbare Eigenschaften von Ballaststoffen	30
4.5. Unerwünschte Wirkungen von Ballaststoffen	40
4.6. Resultate	41
4.7. Diskussion	42
5. ENERGIETRAEGER	45
5.1. Allgemeine Bemerkungen	45
5.2. Resultate und Diskussion	47
6. NATRIUM-, KALIUM- UND WASSERZUFUHR	55
6.1. Allgemeine Bemerkungen	55
6.2. Resultate	56
6.3. Diskussion	58
7. MAGNESIUMZUFUHR	61
7.1. Allgemeine Grundlagen	61
7.2. Resultate	62
7.3. Diskussion	62
8. KALZIUM- UND PHOSPHORZUFUHR	64
8.1. Allgemeine Bemerkungen	64
8.2. Resultate	65
8.3. Diskussion	67

9. EISENZUFUHR	70
9.1. Säuglingsspezifische Probleme des Eisenstoffwechsels	70
9.2. Resultate	74
9.3. Diskussion	74
10. ZUSAMMENFASSUNG	78
11. BEILAGEN	82
12. VERZEICHNIS DER TABELLEN UND ABBILDUNGEN	87
13. LITERATURVERZEICHNIS	88
CURRICULUM VITAE	98
DANK	

1. E I N L E I T U N G

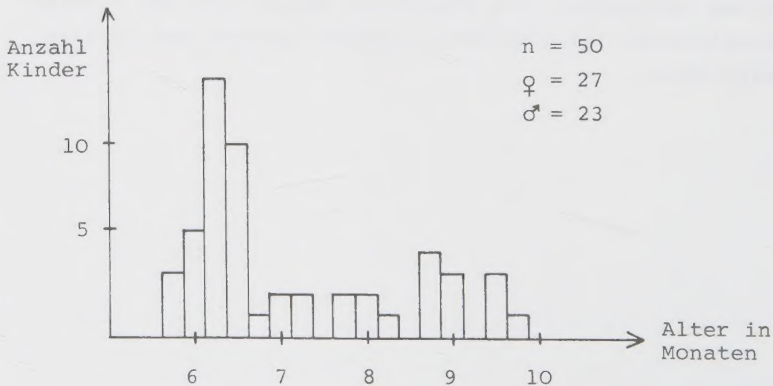
Die Bedeutung der Ballaststoffe für eine optimale Ernährung wurde erst in den letzten Jahren erkannt. Seither geniessen diese durch menschliche Verdauungsenzyme nicht hydrolysierbaren Nahrungsbestandteile eine fast stürmische Beachtung. Ueber die wünschenswerte und für den Menschen optimale tägliche Zufuhr an Ballaststoffen liegen noch keine allgemein gültigen und anerkannten Richtlinien vor. Solange man die genaue Höhe des gegenwärtigen Ballastverzehrs in den einzelnen Altersstufen nicht kennt, ist es auch schwierig, Empfehlungen tabellarisch festzulegen. Ueber den Ballaststoffgehalt der Säuglingsnahrung existieren unseres Wissens zumindest in Europa keine Untersuchungen. Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur diesbezüglichen Datenbeschaffung leisten.

Gleichzeitig wollten wir einen Ueberblick über die Ernährungssituation der Säuglinge im dritten Trimenon gewinnen. Uns interessierte vor allem, wie die Säuglinge mit Kalorien und Nährstoffen versorgt sind. In chemischen Analysen wurde der Gehalt an Eiweiss, Kohlenhydraten, Fetten inkl. Polyensäuren, Kalzium, Phosphor, Magnesium, Natrium, Kalium und Eisen bestimmt. Anhand von Nahrungsprotokollen untersuchten wir die individuelle Gestaltung der einzelnen Mahlzeiten. Die Ergebnisse wurden mit den Vorstellungen, Kenntnissen und Resultaten anderer Autoren und Institutionen verglichen.

2. M E T H O D I K

Die Ernährungserhebung dauerte von Ende Oktober 1979 bis Mitte Dezember 1979. In die Studie wurden 50 gesunde, nicht mehr gestillte Säuglinge im dritten Trimenon aufgenommen. Die Altersstufe wurde ganz bewusst gewählt. In den ersten fünf Lebensmonaten ist der Ernährungsplan recht uniform gestaltet. Die Mütter halten sich im allgemeinen strikte an die Empfehlungen der Mütterberatungsstellen und der Säuglingsnahrungsindustrie. Ab dem 9. - 12. Monat wird dann die Nahrung immer mehr dem Menüplan der Erwachsenen angepasst. Das Kind beginnt eine leichte, gemischte Kost vom Tisch der Eltern zu essen. Kurz vor und im dritten Trimenon sollte die hauptsächliche Umstellung von Flaschen- auf Teller Mahlzeiten erfolgen. Bei der Zubereitung der Mahlzeiten herrscht keine Eintönigkeit mehr, und doch gibt es noch deutliche Unterschiede im Vergleich zur Kleinkinderkost. Für diese Altersperiode bestehen in bezug auf eine optimale Ernährungsgestaltung auch in Fachkreisen noch Unsicherheiten. Dies äussert sich in teilweise recht unterschiedlichen Empfehlungen für die Mütter.

Abb. 1: Altersverteilung der beteiligten Säuglinge



Kinderärzte vermittelten uns den Kontakt mit Müttern, die sich zur Mitarbeit bereit erklärten. Nach Absprache mit Professor Shmerling vom Universitätskinderspital in Zürich und der kantonalen Pädiatrischen Gesellschaft gelangten wir mittels eines Schreibens an die zürcherischen Kinderärzte (Beilage 1).

Diese wurden gebeten, in ihrer Sprechstunde geeignete Mütter über die geplante Arbeit zu informieren und zur Mitarbeit zu motivieren. Um den Zeitverlust der Aerzte klein zu halten, gestalteten wir Orientierungsblätter, die den Frauen in kurzen Worten Sinn, Zweck und Anforderungen der Studie vermittelten (Beilage 2). Bei dieser Auswahlmethode ergaben sich keine für die Gesamtbevölkerung repräsentativen Werte. Die beteiligten Mütter waren Freiwillige, die aus Interesse am Themenkreis Kinderernährung mitmachten. Dass solche Frauen ganz allgemein gesundheitsbewusster und aufgeschlossener sind und die Ernährung ihrer Säuglinge mit Sorgfalt gestalten, ist selbstverständlich. Wir hatten beispielsweise schlechten Zugang zu Gastarbeiterfamilien. Nur drei italienische Mütter beteiligten sich an der Erhebung. Ganz oder teilweise gestillte Kinder wurden von uns nicht in die Studie aufgenommen. Nach Tönz fallen immerhin 18% der 6 Monate alten Säuglinge in diese Kategorie (144).

Die erfassten Säuglinge stammten grösstenteils aus dem Zürcher Limmattal, einigen aargauischen Gemeinden und dem Säuliamt. Während sieben aufeinanderfolgenden Tagen mussten die Mütter die doppelten Essensportionen für ihre Säuglinge zubereiten. Die zusätzlichen Rationen wurden in zur Verfügung gestellten Behältern im Kühlschrank aufbewahrt und alle zwei Tage von uns abgeholt. Die Frauen führten zudem ein genaues Nahrungsprotokoll (Beilage 3). Dort wurde der effektive Konsum von sämtlichen Lebensmitteln und Getränken festgehalten. Die Messung des Nahrungsverzehrs erfolgte mit der "präzisen Wägemethode": Man wog die zubereiteten Speisen in tischfertigem Zustand vor dem Essen und die allfällig nicht verzehrten Reste nach dem Essen. Bei Flaschenmahlzeiten konnte die getrunkene Schoppenmenge direkt an der Graduation abgelesen werden. Kleine Zwischenmahlzeiten wie etwa Brotrinde, Zwiebackstücke und Apfelschnitze waren mit den Küchenwaagen relativ schlecht zu erfassen. So gab uns die Mutter ein jeweils gleich

grosses Stück vom verzehrten Material mit ins Labor und vermerkte es dementsprechend im Protokoll. Die beteiligten Mütter wurden von uns sorgfältig in die Untersuchungsmethodik eingewiesen. Die Gestaltung der Mahlzeiten wurde von uns in keiner Weise beeinflusst. Beim Abholen der Nahrungsdoppel überprüften wir die Angaben im Protokoll auf Vollständigkeit und ergänzten sie wenn nötig. Bei auftretenden Problemen hatten die Frauen auch Gelegenheit, telefonischen Rat bei uns einzuholen. Praktisch ausnahmslos wurde sehr zuverlässig gearbeitet.

Schwierigkeiten traten, wenn überhaupt, nur zu Beginn der Erhebungswoche auf.

Im Labor wurde zunächst geplant, effektive Tagesportionen im Verhältnis 1:1 herzustellen. Bald sah man, dass die Nahrungsproben zu knapp bemessen waren. Notgedrungen wurden dann Tagesportionen im Verhältnis 1:0,75 hergestellt und analysiert. Von den ersten sieben Säuglingen stammten so 49 Rationen. Diese Analysen gestalteten sich sehr zeitaufwendig; das Labor war bald personell und infrastrukturell überlastet. Man suchte und fand eine rationellere und doch aussagekräftige Methode. Fortan stellte man Tagesportionen im Verhältnis 1:0,14 ($=1/7$) zusammen und vereinte die sieben Rationen einer Sammelperiode zu einer Wochenportion. Bis die gesamte Wochenportion eines Säuglings zusammen war, wurden die bereits aufgearbeiteten und gesiebelten Tagesportionen tiefgefroren im gleichen Behälter aufbewahrt. Dann taute man die ganze Portion auf, homogenisierte sie nochmals und führte anschliessend die Analysen durch. Die Analysedaten bezogen sich dann natürlich auf den Wochenkonsum der einzelnen Nährstoffe. Im Vergleich zu den Tageseinzelanalysen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Vitaminbestimmungen wurden keine durchgeführt. Die Nahrungsdoppel hätten an Ort und Stelle homogenisiert und mit einem Stabilisator versetzt werden müssen. Aus organisatorischen Gründen war dies nicht möglich.

3. G E S T A L T U N G D E S E R N A E H R U N G S P L A N E S

3.1. GRUNDLAGEN

A. Gestaltung des Ernährungsplanes im ersten Lebensjahr

Die künstliche Säuglingsernährung umfasst prinzipiell drei Kategorien: die Flaschenmahlzeiten, die Teller- oder Breimahlzeiten und die sogenannte Beikost.

Unter Beikost versteht man kleinere Nahrungszusätze, die ausserhalb oder zusätzlich zu den üblichen Mahlzeiten verabreicht werden. Sie spielt vor allem in der Zeit der ausschliesslichen oder vorwiegenden Milchnahrung eine wichtige Rolle und ergänzt die Kost um jene Substanzen, die mit der Milch nur ungenügend zugeführt werden. Durch die Zufütterung von Fruchtsäften, Obst, Eigelb, Fleisch und Leber wird die Versorgung mit Eisen, Vitaminen und Ballaststoffen verbessert. Bezüglich Vitaminversorgung ist allerdings zu sagen, dass die modernen Säuglingsmilchen praktisch ausnahmslos mit Vitaminen angereichert sind und somit bedarfsdeckend vorhanden sein sollten. Dies gilt eigentlich auch für Vitamin D. Aus Sicherheitsgründen empfiehlt Tönz trotzdem, allen Säuglingen ab dem 2. Monat täglich 400 E Vitamin D (= 4 Tropfen Vi-De^R) zu verabreichen (143).

Der junge Säugling erhält im allgemeinen fünf Schoppenmahlzeiten, die in Vierstundenintervallen über den Tag verteilt sind. Als Beikost gibt man bereits im zweiten Monat löffelchenweise Fruchtsäfte. Mit zerdrückter Banane und geraffelem Apfel erfolgt eine Ergänzung der Milchnahrung ab dem dritten Monat. Im zweiten Trimenon findet der kontinuierliche Uebergang von den Milchschoffenmahlzeiten zu den Teller Mahlzeiten statt. Im 5. Monat soll ein Gemüsebrei, im 6. Monat ein Getreidebrei in den Ernährungsplan integriert werden. Die Zahl der Mahlzeiten wird allmählich auf vier reduziert. Zur Erhöhung der Eisenzufuhr wird ab dem 4. Monat 1-2mal wöchentlich etwa 30 Gramm Fleisch oder Leber oder ein Eigelb als weitere Beikost empfohlen. Im dritten Trimenon kann eine weitere Flaschenmahlzeit durch eine Breimahlzeit ersetzt werden.

Die Beikost wird nun voll in die Teller Mahlzeiten integriert. Speziell zubereitete Säuglingsmilchen werden mit der Zeit durch Vollmilch abgelöst. Gemäss den Empfehlungen sollen die vier Hauptmahlzeiten nach einem fixen Zeitplan, der im folgenden kurz dargestellt wird, verabreicht werden. Um 07 Uhr wird die Morgenmahlzeit als Schoppen aus Säuglingsmilch oder Vollmilch angeboten. Um 11 Uhr verfüttert man als Mittagsmahlzeit einen Gemüsebrei (Karotten, Fenchel, Kartoffeln, Blumenkohl), dem 1-2mal wöchentlich Fleisch und Eigelb zugesetzt werden. Die Nachmittagsmahlzeiten verabreicht man um 15 Uhr als Obst-Yoghurt-Brei. Als Abendmahlzeit gibt es um 19 Uhr einen Getreidebrei (Gries, Kindermehl, Vollkorn). Von einem "feeding on demand" wird abgeraten. Aeussert der Säugling zwischen den Hauptmahlzeiten Hungergefühle, können Zwischenmahlzeiten in Form von Tee, Brotrinde oder Zwieback verabreicht werden. Im vierten Trimenon wird dieser Ernährungsplan im grossen und ganzen beibehalten. Immer häufiger werden keine speziellen Mahlzeiten mehr für das Kind zubereitet; es beginnt vom Tisch der Eltern zu essen.

Zur Prophylaxe der Zahnkaries wird den Müttern empfohlen, der Säuglingsnahrung täglich 0,25 mg Zymafluor (= 1 Tablette) beizufügen.

B. Säuglingsmilchpräparate für die künstliche Ernährung

Bei der Herstellung von Säuglingsmilchpräparaten geht man von der berechtigten Annahme aus, dass die Frauenmilch (=FM) für die Säuglinge die optimale Nahrung darstellt. Es wird darum versucht, die Kuhmilch (=KM) so anzugleichen, dass sie für den Säugling sowohl verträglich als auch verwertbar ist. Im folgenden möchten wir die vier Haupttypen der künstlichen Säuglingsmilchen aufzeigen und deren Vor- und Nachteile kurz erläutern.

Selbstzubereiteter Schoppen mit "zwei Drittel-Milch" und einem Zucker/Schleim-Zusatz

Die Zusammensetzung dieser "zwei- Drittel-Milch" erfolgt nach den sogenannten "goldenen Regeln", die durch langjährige Empirie entstanden sind. Ein Sechstel des kindlichen Körpergewichtes er-

gibt die täglich zuzuführende Flüssigkeitsmenge. Davon werden zwei Drittel als Kuhmilch, ein Drittel als Wasser verabreicht. Dadurch wird der viel höhere Eiweiss- und Mineralstoffgehalt der KM etwas angeglichen. Andererseits wird nun ein Kohlenhydratzustupf nötig, der ungefähr ein Zehntel der zugegebenen Milchmenge ausmachen soll. Dieser Kohlenhydratzusatz wird wie folgt unterteilt: Zwei Drittel als Nährzucker (= sogenanntes erstes Kohlenhydrat) und ein Drittel in Form von Stärke oder Mehl (= sogenanntes zweites Kohlenhydrat). Diese Milchen können von der Mutter selbständig zusammengestellt oder als anrührfertiges Produkt erworben werden. Die im Handel erhältlichen Präparate (Nutrivit, Galactina-5-Korn-Schleim resp. -5-Korn-Mehl, Milupa-7-Korn) werden mit einem Milch-Wassergemisch angerührt, eventuell aufgekocht und sind dann gebrauchsfertig. Laut Angaben der Hersteller soll ein Teil dieser Präparate ab dem 6. Monat nur noch mit Milch angerührt werden. Vergleicht man diese zwei Drittel-Milchen mit der FM, so ergeben sich beträchtliche Unterschiede (Tab. 13). Der Kohlenhydrat- und Eiweissanteil ist sehr hoch. Das Eiweiss der KM ist punkto Aminosäuremuster jedoch den Bedürfnissen des Säuglings nicht optimal angepasst. Auch enthält die KM bedeutend weniger ungesättigte Fettsäuren. Der Gehalt an Mineralstoffen liegt bei der KM beträchtlich höher. Der Mangel an Vitaminen wird bei den meisten Präparaten durch Anreicherung ausgeglichen.

Konventionelle Säuglingsmilchpräparate

Im Gegensatz zur obigen Gruppe werden diese Präparate nur mit Wasser angerührt und sind dann trinkfertig. Sie sind ebenfalls nach den "goldenen Regeln" zusammengestellt und weisen darum die gleichen Nachteile wie die "zwei Drittel-Milchen" auf. Die Zubereitung ist weniger aufwendig und die Wahrscheinlichkeit der bakteriellen Verunreinigung kleiner. Gewisse Produkte sind fettadaptiert und eisenangereichert. Alle Präparate sind mit Vitaminzusätzen versehen. In unserer Studie wurden aus dieser Gruppe folgende Präparate verabreicht: Vegumine rapide, Milupa Leguma, Milumil.

Voll adaptierte Milchen

Bei diesen Milchen wird versucht, quantitativ sowie qualitativ eine möglichst weitgehende Angleichung an die Frauenmilch zu finden. Der Eiweissgesamtgehalt beträgt weniger als zwei Gramm pro Deziliter; vor allem der Caseinanteil ist deutlich reduziert. Als Kohlenhydrat findet nur Lactose Verwendung. Ein zweites Kohlenhydrat (Stärke oder Mehl) ist nicht enthalten. Die Milchen werden massiv mit mehrfach ungesättigten Fettsäuren, Eisen und Vitaminen angereichert. Den Mineralstoffgehalt hält man tief. Obwohl auch voll adaptierte Milchen noch lange nicht identisch mit der FM sind, bieten sie für nicht gestillte Neugeborene während den ersten Wochen die optimale Nahrung. Im allgemeinen schätzen allerdings die Mütter diese Milchen nicht besonders. Da sie sehr dünnflüssig sind, bezweifeln die Mütter die kalorische Vollwertigkeit dieser Präparate. Tatsächlich fehlt ein sättigendes zweites Kohlenhydrat. Das Sättigungsgefühl ist dadurch - wie auch bei der FM - von relativ kurzer Dauer.

Teiladaptierte Milchen

Hier sind nur ein Teil der Kuhmilchbestandteile der FM ange-
geben. Mit einem Zusatz an pflanzlichen Ölen wird der Gehalt
an mehrfach ungesättigten Fettsäuren erhöht. Der Caseinanteil
wird etwas gesenkt. Die Kohlenhydrate machen nicht mehr als 50%
der Gesamtenergiezufuhr aus. Ausser Lactose werden auch milch-
fremde Zucker wie Saccharose und Dextrin-Maltose sowie Polysaccha-
ride in Form von Stärke oder Mehlen zugesetzt. Durch das zweite
Kohlenhydrat kann ein besserer Sättigungseffekt erzielt werden.
Dementsprechend sind diese Präparate bei den Eltern beliebter.
Durch die Mehle kommen die später dargestellten Vorzüge der Bal-
laststoffe auf die Verdauungsvorgänge hinzu. Alle teiladaptierten
Milchen sind vitamin- und eisenangereichert und werden mit Wasser
angerührt. Nidina, Baba und Lactoveguva sind Präparate dieser
Gruppe, die in unserer Erhebung Verwendung fanden.

3.2. RESULTATE UND DISKUSSION

A. Allgemeine Gestaltung des Ernährungsplanes

Alle an der Studie beteiligten Säuglinge waren gemäss den allgemeinen Empfehlungen (Kap. 3.1.A.) auf vier Mahlzeiten täglich umgestellt. Die Hauptmahlzeiten wurden zu festgesetzten Zeiten verabreicht, ein "feeding on demand" wurde nicht praktiziert. Ausserhalb der Hauptmahlzeiten wurden noch Zwischenmahlzeiten flüssiger oder fester Konsistenz verabreicht. Die meisten Mütter verwendeten ein gebrauchsfertiges Teepulver (Nestlé Kindertee, Milupa Kindertee, Milupa Fencheltee). Nur vereinzelt wurde ein Fenchel- oder Schwarztee mit Beutel oder Kraut selbst angebrüht. 33 Kinder (66%) erhielten bereits feste Zwischenmahlzeiten in Form von Brotrinde, Weggli, Gipfeli, Keks, Zwieback, Schokolade, Rüebli und Apfelschnitzen. Bei 46 Säuglingen (92%) wurde zur Zubereitung der Mahlzeiten Frischmilch verwendet. Stolley hat 1976 im Raume Dortmund (BRD) festgestellt, dass dort nur 30% der gleichaltrigen Säuglinge Frischmilch bekamen (127). In unserer Studie wurde die Milch als Vollmilch oder meist als Milchdrink verabreicht. Rund ein Drittel der Mütter verdünnten die Milch noch mit Wasser.

Ueber das Ausmass einer Rachitisprophylaxe scheint bei den Pädiatern Uneinigkeit zu herrschen. Gemäss den Protokollangaben hielten sich jedoch die Mütter strikte an die diesbezüglichen Empfehlungen ihres Kinderarztes. Vitamin D wurde ausschliesslich in Tropfenform und nicht als intramuskuläre Stosstherapie appliziert. Ueber 90% der Mütter gaben die tägl. empfohlene Fluordosis.

B. Morgenmahlzeit

Insgesamt umfasste die Studie 350 Beobachtungstage. Demzufolge wurden auch 350 Morgenmahlzeiten protokolliert.

Die Säuglinge bekamen ausschliesslich Schoppenmahlzeiten verabreicht. 40 Mütter (80%) verfütterten immer die gleiche Morgenmahlzeit. Die restlichen wechselten die Schoppenzubereitungsform während der Erhebungswoche ein- oder mehrere Male. In Tab. 1 haben wir die 350 verabreichten Morgenmahlzeiten den verschiedenen Schoppenzubereitungsformen zugeordnet.

Tab. 1: Gestaltung der Morgenmahlzeit

Schoppenzubereitungsform	Anzahl Mahlzeiten n = 350	%
Selbsthergestellte "Zwei Drittel-Milchen" -mit Milchverdünnung angerührt -nur mit Milch angerührt	201 168 33	57,5
Konventionelle Säuglingsmilchen	2	0,5
Volladaptierte Säuglingsmilchen	7	2,0
Teiladaptierte Säuglingsmilchen	40	11,5
Kuhmilch allein	14	4,0
Kuhmilch mit Kakao/Malz-Zusatz	86	24,5

Die "zwei Drittel-Milchen" erfreuten sich in unserer Studie grosser Beliebtheit. Tönz konnte in seiner Erhebung die gleiche Tendenz feststellen (145). Vom ernährungsphysiologischen Standpunkt aus gelten diese Präparate nicht mehr als optimale Säuglingskost (145). Eine Verabreichung nach dem dritten Lebensmonat kann sicher verantwortet werden und bringt für den Säugling keine unmittelbaren Nachteile (siehe auch Kap. 5.3.).

C. Mittagsmahlzeit

349 Mahlzeiten wurden protokolliert. Einmal schlief ein Säugling bis zum "Zvieri" durch und verpasste so das Mittagessen.

44 Mütter (88%) verabreichten getreu den allgemeinen Richtlinien (Kap. 3.1.A.) Tellertermahlzeiten. Nur ein Säugling bekam mittags noch ausschliesslich Schoppenmahlzeiten. Die restlichen Mütter waren gerade in der Umstellungsphase und verfütterten zusätzlich zum Schoppen eine kleine Breimahlzeit.

Auch Tönz (145) und Stolley (127) fanden in ihren Erhebungen, dass praktisch alle 6 Monate alten Kinder in den Genuss einer Gemüsebreimahlzeit kamen.

Tab. 2: Gestaltung der Mittagsmahlzeit

Art der Zubereitung	Anzahl Mahlzeiten n = 349	%
Fertiggerichte	132	38
Fertiggerichte mit selbstgekochter Beilage	78	22
Selbstgekochte Mahlzeiten	139	40

Als Fertigprodukte wurden häufig pulverisierte Instant-Breie verabreicht, die nur mit heisser Milch, Milchverdünnung oder heissem Wasser angerührt werden müssen. Beliebt schienen auch die Babymahlzeiten im Glas zu sein. Diese werden im Handel als Obstbreie, reine Gemüsebreie, Gemüse-Fleischmischung oder als reine Fleischpürees angeboten. 78 Fertigmahlzeiten (22%) wurden mit einer Beilage verfeinert, die meist aus Frischgemüse oder Frischfleisch bestand. 139 der verabreichten Mahlzeiten (40%) waren selbstzubereitete Gemüsebreie. Die Erhebung wurde im November und Dezember durchgeführt. Man kann annehmen, dass in Jahreszeiten mit einem breiteren und billigeren Gemüseangebot der Anteil der selbstgekochten Mahlzeiten eher grösser ist. Dies wäre auch vorbehaltlos zu begrüßen. Gemüse, das im Dampfkochtopf richtig zubereitet wurde, bleibt besser erhalten als z.B. konservierte Fertiggemüsebreie im Glas. Ein gewisser Vitaminverlust ist bei diesen "Gläslimahlzeiten" nicht zu vermeiden, da die Gemüse beim Konservierungsprozess relativ stark erhitzt werden müssen. Während der langen Lagerung wird dann noch einmal ein Teil der Vitamine abgebaut. Vom hygienischen Standpunkt aus können im Glas konservierte Nahrungsmittel bedenkenlos verabreicht werden. Für die Säuglingsnahrung bestehen in der Schweiz ganz strenge Vorschriften. Konservierungsmittel und Farbstoffe sind verboten. Die kantonalen Lebensmittelinspektorate überprüfen laufend die im Handel angebotenen Präparate.

Tönz fand in seiner Studie, dass 60% der Gemüsemahlzeiten

selbst hergestellt werden und 40% als Fertigprodukte gekauft werden (145). In unserer Arbeit ist der Anteil der reinen Fertigprodukte gleich hoch.

Beikost

Nur 8 Säuglinge (16%) bekamen noch kein F l e i s c h . 42 (84%) erhielten mindestens ein Mal wöchentlich Fleisch bzw. Leber. Auf die Häufigkeit der verabreichten Fleischmahlzeiten gehen wir im Kapitel 9 genauer ein.

Tab. 3: Beikost Fleisch

Art des verabreichten Fleisches	Anzahl Säuglinge n = 50	%
Kein Fleisch	8	16
Frischfleisch (v.a. Leber)	10	20
Gläsli mit reinem Fleischpüree	14	28
Gläsli mit Gemüse-Teigwaren-Fleischmischung	9	18
Frischfleisch abwechselnd mit Fleischpüree aus dem Glas	9	18

Stolley fand bei einer Umfrage in der BRD, dass im zweiten Lebenshalbjahr fast ausschliesslich Fertigprodukte für die Beikost verwendet werden (127). Frischfleisch schien in unserer Studie nicht so unbeliebt zu sein. Immerhin bekamen fast 40% der Säuglinge - zumindest teilweise - frisches Fleisch verabreicht.

38 Mütter (76%) gaben mindestens ein Mal pro Woche E i g e l b (Tab. 4). Tönz beobachtete im zweiten Trimenon eine viel seltenere Verabreichung von Eigelb (145).

Als weitere Beikost fügten 10 Mütter (20%) dem Gemüsebrei 1-2mal pro Woche ein Doppelrahmkäsli bei.

Tab. 4: Beikost Eigelb. Wochenkonsum

Anzahl Eigelb pro Woche	Anzahl Säuglinge n = 50	%
kein	12	24
1/2	10	20
1	16	32
1 1/2	3	6
2	8	16
3	1	2

D. Nachmittagsmahlzeit

Tab. 5: Gestaltung der Nachmittagsmahlzeit

Zubereitungsart	Anzahl Mahlzeiten n=350	%
Schoppenmahlzeiten	22	6
- Zwei Drittel-Milchen	16	
- Konventionelle Säuglingsmilchen	1	
- Teiladaptierte Milchen	5	
Fertigbreie	77	22
- Gläsli oder anrührfertiges Produkt	54	
- Gläsli oder anrührfertiges Produkt, verfeinert mit Früchten oder Yoghurt	23	
Selbstgemachter Früchtebrei	38	11
Früchteyoghurt oder Früchtequark	90	26
Früchteyoghurt oder Früchtequark zusätzlich zu Frischfrüchtebrei	120	34
Anderes (Brotwaren, Käse)	3	1

Nur 6% der Mahlzeiten wurden noch als Schoppen verabreicht. 60% aller Nachmittagsmahlzeiten bestanden zumindest teilweise aus Früchtequark resp. Früchteyoghurt. Diese Milchprodukte scheinen in der Säuglingsnahrung einen festen Platz gefunden zu haben. Tönz konnte in seiner Studie eine gleiche Tendenz feststellen (145). Vom ernährungsphysiologischen Standpunkt aus ist diese Entwicklung nicht unbedingt erfreulich. Mit den sehr süßen Früchtequarks und Früchteyoghurts gewöhnt sich der Säugling an eine süße Geschmacksrichtung, die später kaum mehr abzugewöhnen ist. Kohlenhydratreiche Nahrung spielt bei der Entwicklung der Uebergewichtigkeit eine nicht unwesentliche Rolle (siehe Kap. 5.3.).

E. Abendmahlzeit

Es wurden 350 Mahlzeiten protokolliert. 35 Säuglinge (70%) bekamen immer die gleiche Abendmahlzeit. Die restlichen Mütter wechselten das Produkt oder die Zubereitungsform ein oder mehrere Male.

Tab. 6: Gestaltung der Abendmahlzeit

Zubereitungsart	Anzahl Mahlzeiten n = 350	%
Getreidebreie	68	19
- mit Milch angerührt	28	
- mit Milchverdünnung angerührt	40	
Schoppenmahlzeiten	170	49
- Zwei Drittel-Milchen		
- mit Milch angerührt	40	
- mit Milchverdünnung angerührt	130	
- Konventionelle Säuglingsmilchen	17	5
- Volladaptierte Säuglingsmilchen	7	2
- Teiladaptierte Säuglingsmilchen	50	14
- Frischmilch mit Kakao/Malz-Zusatz	38	11

Entgegen den allgemeinen Empfehlungen waren nur 19% der verabreichten Abendmahlzeiten Milch-Getreide-Breie; es wurden nur anrührfertige Breie verwendet. Auch Tönz konnte bestätigen, dass auf das Zubereiten der früher üblichen kohlenhydratreichen "Griespappe" heute verzichtet wird (145).

Wie schon bei den Morgenmahlzeiten fanden die "zwei Drittel-Milchen" am häufigsten Verwendung.

4. BALLASTSTOFFE

4.1. EINLEITUNG

Lange Jahre wurde der Wert der Ballaststoffe in der menschlichen Ernährung als sehr gering eingestuft. Wegen ihrer Unverdaulichkeit galten sie als unnötiger und störender "Ballast". Man konnte sogar nachweisen (93), dass sie zu einer Beeinträchtigung der Ausnutzung einzelner Nährstoffe führten. In der Folge entstand die Auffassung, Nahrungsmittel müssten bei sehr hoher Energiedichte einen möglichst kleinen Ballaststoffanteil aufweisen. Die vermeintlich überflüssigen Bestandteile wurden durch Schälen, Mahlen, Schleifen, Sieben und Raffinieren weitmöglichst entfernt. Das bekömmlichere Weissbrot wurde bevorzugt und galt bald als Zeichen des Fortschrittes und des Wohlstandes. Dunkles, ballastreiches Brot erweckte Erinnerungen an Notzeiten. Dementsprechend änderte sich der Konsum von Ballaststoffen sowohl in qualitativer wie auch in quantitativer Hinsicht ganz beträchtlich. Im Verlaufe der letzten hundert Jahre ging der Verzehr in Deutschland von 100 Gramm pro Kopf und Tag auf knapp 25 Gramm zurück (108). Beim Verbrauch von Kartoffeln, Roggenmehl und Hülsenfrüchten war ein gewaltiger Rückgang zu verzeichnen. Der Obstverbrauch allerdings ist angestiegen. Massiv zugenommen hat im gleichen Zeitraum der Konsum von Fett, Zucker und tierischem Eiweiss.

Erst in jüngster Zeit kamen, angeregt durch die epidemiologischen Studien von Burkitt und Trowell (12, 146), lebhaft Diskussionen über die physiologische Bedeutung der Ballaststoffe in Gang. Diese Autoren fanden unter ballastreicher Diät eine wesentlich tiefere Inzidenz von einigen bei uns häufigen Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes und des Stoffwechsels. Diese sogenannte "Faserhypothese" blieb nicht ohne Echo und wurde zum Inhalt zahlreicher, sich teilweise widersprechender wissenschaftlicher Publikationen. Die Bedeutung der Ballaststoffe in der Lebensmitteltechnologie ist im Gegensatz zur diätetischen Verwendung schon lange anerkannt. Mittels Ballaststoffzusätzen, die meist aus Algen oder tropischen Pflanzen stammen, können Struktur, Konsistenz und Haltbarkeit von Lebensmitteln beeinflusst werden.

4.2. NOMENKLATUR UND DEFINITIONEN

Pflanzliche Zellen sind im Gegensatz zu den tierischen von einer festen Zellwand umgeben. Als chemische Grundsteine dieser Zellwand dienen im wesentlichen Zellulose, Hemizellulose, Pektin und Lignin. Dieses pflanzliche Material ist durch menschliche Verdauungsenzyme nicht hydrolysierbar und besitzt die physikalischen Eigenschaften des Quellens, Adsorbierens, Pufferns und des Ionenaustausches. Diese Eigenschaften sind von Frucht zu Frucht und von Pflanze zu Pflanze stark verschieden. Das Ausmass der jeweiligen Wirkung wird beim einzelnen durch individuelle Faktoren wie Beschaffenheit der Darmflora, osmotische Verhältnisse, pH und durch andere Nahrungsbestandteile beeinflusst. Physikalische Veränderungen, z.B. durch Kochen und Pürrieren, können die physiologischen Eigenschaften ebenfalls beeinflussen. Die Bakterienflora des Dickdarms kann die sogenannt unverdaulichen Zellwandbestandteile partiell abbauen. Die so entstehenden Metaboliten beeinflussen ihrerseits die Funktionsabläufe im Colon.

Untersuchungen über biologische Wirkungen von Stoffen sind nur dann aussagekräftig und nachprüfbar, wenn die angewendeten Substanzen genau definiert sind. Bei der chemisch sehr heterogenen Gruppe der Ballaststoffe liegt hier ein grosses Problem. Verschiedene Definitionen und Nomenklaturen erschweren die Uebersicht und verunmöglichen teilweise einen Vergleich der verschiedenen Forschungsergebnisse.

Einig ist man sich inzwischen, dass der Begriff Rohfaser (crude fibre) keine ideale Bezeichnung ist. Rohfaser entspricht dem Rückstand pflanzlicher Lebensmittel nach Behandlung mit kochender Schwefelsäure, Natronlauge, Alkohol und Aether. Dieser Wert ist seit über hundert Jahren bekannt und wird seither zur Bestimmung des Nährwertes von Futtermitteln verwendet. Im wesentlichen widerspiegelt er nur den Zellulosegehalt der pflanzlichen Lebensmittel und Futtermittel. Hemizellulosen, Pektine und Gummis werden bei der Analyse weitgehend zerstört. Somit ist der Rohfaserwert nicht umfassend und darum ernährungsphysiologisch nicht aussagekräftig. Der Anteil der pflanzlichen Nahrung, die vom Menschen nicht verdaut werden kann, liegt beträchtlich höher. Trotzdem enthalten

die meisten tabellarischen Nachschlagwerke über die Lebensmittelzusammensetzung den Rohfasergehalt, weil der Begriff eindeutig definiert ist und die Analysemethode relativ leicht reproduzierbar ist.

Im deutschen Sprachraum werden zur Zeit drei Begriffsbezeichnungen verwendet. Somogyi (120) schlägt vor - anstelle von "Ballaststoffe" - den Begriff "Nahrungsfaser" zu verwenden. Das Wort "Ballast" lasse immer die falsche Assoziation "unnütz und überflüssig" aufkommen. Thomas (139) hingegen tendiert zur Beibehaltung der Bezeichnung Ballaststoffe und begründet dies ausführlich. Bei den Ballaststoffen handle es sich um eine Vielzahl von pflanzlichen Zellwand-, Gerüst-, Stütz- und Füllgeweben, von denen nur gerade die Zellulose chemisch gesehen eine fasrige Struktur besitze (Abb.2). Der Begriff "Faser" würde der Komplexität der Ballaststoffe keine Rechnung tragen. Die Botaniker benützen den Terminus Faser zur Bezeichnung von Stütz- und Leitgeweben wie z.B. für verholzende Strünke von Kohlraben oder die Aussenschichten von schlecht geschälten Spargeln. Das seien aber gerade jene Ballaststoffe, die beim Verzehr stören und deren diätetischer Wert sehr fraglich sei. In der Umgangssprache verstehe man unter Faserstoffen vorwiegend textile Rohprodukte pflanzlicher, tierischer, mineralischer und synthetischer Herkunft. Zudem lasse das Wort Nahrungsfaser an "rauh, spitz und lang" denken und erwecke beim Konsumenten die Befürchtung, seine zarten Darmwände könnten verletzt werden. Um Auseinandersetzungen in bezug auf die Nomenklatur zu vermeiden, wurde anlässlich eines Symposiums das Kunstwort "Pflanzenfaser-Ballaststoffe" geprägt.

Im englischen Sprachraum liegen eine Vielzahl von Begriffs- und Definitionsvorschlägen vor. Mc Cance's "Roughage-Kennwert" zur quantitativen Erfassung der Nahrungsballaststoffe konnte sich nicht durchsetzen (90). Später gebrauchte derselbe Autor (91) den Begriff "unavailable carbohydrates" (unverdauliche Kohlenhydrate). Diese Bezeichnung lässt zwei Sachverhalte unberücksichtigt: Erstens sind nicht alle Komponenten der pflanzlichen Zellwand Kohlenhydrate, und zweitens werden gewisse dieser Komponenten durch die intestinale Bakterienflora verdaut. Dieser letztere Einwand wurde auch gegen den Begriff "non nutritive fibre" er-

hoben, der die Nichtkohlenhydrate Lignin und Kutin und auch mineralische Begleitstoffe einschliesst (79). Der Terminus "non purified plant fibre" von Spiller (122) schliesst alle natürlich verbundenen Zellwandbestandteile ein. "Purified plant fibre" (122) entspricht der Summe aller polymeren Zellwandkomponenten: Zellulose, Hemicellulose, Pektin, Lignin, Pflanzenschleime und Pflanzengummi.

Weitgehend gleich definierte Trowell (147) den Begriff "dietary fibre". Später erweiterte er den Begriff zu "dietary fibre complex". Darunter fallen alle natürlichen verbundenen chemischen Bestandteile pflanzlicher Nahrung, die durch menschliche Verdauungsenzyme nicht hydrolysierbar sind. Zu den oben aufgezählten Substanzen kommen zudem Wachse, Kutine, Mineralstoffe und zellwandgebundene Proteine. Allerdings klammerte Trowell pflanzliches Material mit einem Lignin- und Mineralstoffgehalt von über 5% aus der Definition aus. Stroh und verholzte Kohlrabenstrünke fallen beispielsweise in diese Kategorie. Der Begriff "fibre" steht in dieser Definition nicht mehr allein für faseriges Material. Somogyi (120) wies in diesem Zusammenhang darauf hin, dass eigentlich nicht der Name, sondern das, was man unter einem Begriff verstehe, von Bedeutung sei. Trotzdem wollte Spiller (123) "fibre" nicht verwenden und schlug "plantix", gebildet aus "plant" und "matrix", und später "complantix" vor.

Als zur Zeit beste Alternative bietet sich Begriff und Definition des "dietary fibre complex" an (139, 163). Diese Definition stellt eine gute Stütze dar, ist aber nicht erschöpfend. Verschiedene Autoren wiesen darauf hin, dass der pflanzliche Ballaststoffkomplex, nebst den chemisch wohl definierten Inhaltsstoffen, noch zum Teil ein unbekanntes Gemisch von chemisch ungenügend definierten Stoffen enthält (139, 163).

Ergänzend sei hier noch erwähnt, dass unverdauliche Nahrungsbestandteile tierischer Herkunft wie Sehnen, Knorpel und Bindegewebe in dieser Definition nicht eingeschlossen sind. Ebenfalls nicht berücksichtigt werden synthetische Ballaststoffe wie etwa Carboxymethylzellulose. Als Oberbegriff für sämtliche durch menschliche Verdauungsenzyme nicht aufspaltbare Nahrung schlägt Trowell die Bezeichnung "edible fibre" vor (148).

4.3. CHEMISCHE STRUKTUR UND WIRKUNGSWEISE DER EINZELNEN BALLASTSTOFFKOMPONENTEN

Eine gute Uebersicht der Zusammensetzung des Ballaststoffkomplexes gab Thomas (139) mit seiner vorwiegend strukturell orientierten Untergliederung (Abb.2). Aus didaktischen Gründen wird im folgenden nach einer rein stofflichen Einteilung vorgegangen (Abb.3).

Abb. 2: Zusammensetzung des Ballaststoffkomplexes (nach Thomas)

Strukturbildende Zellwandbestandteile	:	Zellulose, Hemizellulose, Pektin, Lignin
Schutz- und Füllstoffe	:	Kutin, Wachs, Pflanzengummi und Pflanzenschleime
Begleitstoffe	:	Stickstoffverbindungen, Mineralstoffe, Spurenelemente

Abb. 3: Stoffliche Aufgliederung des Ballaststoffkomplexes

Polysaccharide	:	Zellulose, Hemizellulose, Pektin, Pflanzengummi, Pflanzenschleim
Polyphenylpropan	:	Lignin
Lipide	:	Wachs, Kutin
Proteine	:	Zellwandproteine, Enzyme, Enzyminhibitoren
Mineralien	:	Silicilate, Spurenelemente
Uebrigens	:	Phytin, Saponin, Tannin etc.

Der Gehalt der einzelnen Ballaststoffkomponenten variiert je nach Art der Frucht oder Pflanze sehr stark. Von der physiologischen Wirkung eines bestimmten Nahrungsmittels kann deshalb nicht auf den Effekt eines anderen geschlossen werden. Man weiss ja nicht, von welcher Ballaststoffkomponente die beobachtete Wirkung ausgegangen ist. Heute werden darum die ernährungsphysiologischen Eigenschaften vorwiegend an isoliert verabreichten Ballaststoff-

komponenten untersucht. Die auf diese Weise gewonnenen Erkenntnisse dürfen aber auch nicht verallgemeinert werden. Wurde beispielsweise durch Verabreichung eines isolierten Pektinpräparates eine Senkung des Serumcholesterinspiegels erreicht, so darf nicht vorbehaltlos daraus geschlossen werden, dass von einer pektinreichen Frucht dieselbe Wirkung ausgeht. Die nachgewiesenen Interaktionen zwischen den einzelnen Ballaststoffkomponenten können den physiologischen Effekt beeinflussen.

A. Polysaccharide

Die Aldohexosen D-Glucose, D-Galaktose und D-Mannose sind neben den Pentosen D-Xylose und L-Arabinose sowie den D-Glukuronsäuren und den D-Galakturonsäuren die wichtigsten monomeren Bausteine der kalorisch nicht verwertbaren Kohlenhydrate.

Zellulose

Zellulose ist der Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellwand und die häufigste natürlich vorkommende organische Verbindung überhaupt. Sie funktioniert als Stütz- und Gerüstsubstanz. Die linearen, unverzweigten Zellulosemakromoleküle sind aus Zellobioseeinheiten aufgebaut, in denen die Glucose in β -glycosidischer 1-4 Bindung vorliegt. Je nach Polymerisationsgrad können 3000-14000 Glucoseeinheiten zusammengelegt sein. Ein Molekulargewicht von bis $2,3 \cdot 10^6$ AME ist möglich. Das Molekül ist von flacher, bandartiger Struktur und erscheint spiralig aufgewickelt. Durch Wasserstoffbindungen und eingelagertes Lignin wird die Struktur gefestigt. Die grosse chemische Resistenz kommt durch die Zusammenlegung langer Zelluloseketten zu sogenannten Mikrofibrillen zustande. Diese Strukturen bedingen den schon erwähnten fasrigen Charakter (15, 113). Durch menschliche Verdauungsenzyme können β -glycosidische Bindungen nicht gespalten werden. Die intestinale Bakterienflora des Menschen vermag hingegen etwa 30-50% der Zellulose zu verstoffwechseln.

Mit isolierter Zellulose wurde eine Vielzahl von Ernährungsversuchen durchgeführt. Zur Herstellung der reinen Zellulose müssen die restlichen Zellwandbestandteile mit chemischen und physi-

kalischen Mitteln entfernt werden. Durch diese Behandlung werden eventuell die physiologischen Eigenschaften beeinflusst. Möglicherweise liegen die teilweise widersprüchlichen Forschungsergebnisse in diesem Umstand begründet.

In Abhängigkeit des Umgebungs-pH adsorbiert Zellulose Desoxycholsäure (34). Dieser Effekt ist in vitro viel ausgeprägter. 16 Gramm Zellulose als Zusatz zur täglichen Nahrung hatte bei gesunden Versuchspersonen keine Auswirkung auf das Serumcholesterin und beeinflusste weder die intestinale Transitzeit noch die Gallensäureausscheidung (35).

Tägliche Zellulosegaben von 75 Gramm veränderten den Serumcholesterinspiegel bei gesunden Probanden nicht, schienen aber einen senkenden Einfluss bei Patienten mit einer Hypercholesterinaemie zu haben (66). Verabreichung von täglich 15-30 Gramm Zellulose bewirkte nach Shurpalekar eine Erhöhung der fäkalen Gallensäureausscheidung (118). Doch war dieser Effekt bedeutend weniger eindrucksvoll als unter Gaben des Anionenaustauschers Colestyramin.

Hemizellulosen

Unter der Bezeichnung Hemizellulosen fasst man eine Reihe nichtzellulosischer Polysaccharide zusammen, die die Grundsubstanz der Zellwand ausmachen. In diese Matrix sind die Zellulosefasern eingebettet. Im Gegensatz zur gleichförmig gebauten Zellulose bestehen die Hemizellulosen aus einer Vielzahl von Polysaccharid-Polymeren, die aus Mischungen von Pentosen und Hexosen zusammengesetzt sind. Die Moleküle können linear oder verzweigt sein und bestehen aus etwa 150-200 monomeren Zuckereinheiten. Das Molekulargewicht liegt zwischen 10'000-20'000 AME. Menschliche Verdauungsenzyme vermögen die Hemizellulosen nicht zu hydrolysieren. In verdünnter Lauge und heisser, verdünnter Säure sind sie aber relativ leicht löslich. Durch die intestinale Bakterienflora werden die Hemizellulosen zu einem beträchtlichen Teil verstoffwechselt.

Verabreichung von Hemizellulose führt zu einem erhöhten Wassergehalt des Stuhls (139). Man glaubt allerdings nicht, dass der Hemizellulose eine direkte Wasserbindungskapazität zukommt. Immer-

hin werden 60 bis 90% im Colon bakteriell abgebaut. Der Rest wäre wohl kaum in der Lage, eine signifikante Erhöhung des Stuhlgewichtes zu bewirken. Durch den bakteriellen Abbau entstehen die kurzkettigen Fettsäuren Acetsäure, Buttersäure und Propionsäure. Diese erhöhen den interluminalen osmotischen Druck und halten so grössere Mengen Wasser zurück.

Pflanzengummi und Pflanzenschleime

Aus der Gruppe der Hemizellulosen kann man Gummis und Schleimbildner herausnehmen. Hier einzuordnen sind die Pflanzenexsudate Gummi arabicum und Traganth, die Leguminosensamen Carubin, Guar und Psyllium, die Meeresalgenextrakte Agar-Agar, Alginate, Carrageenan und Frucellaran. Dank ihrer Fähigkeit, Wasser zu binden, finden diese Substanzen in der Lebensmittelindustrie als sogenannte Quellmittel Verwendung. Carubin, Guaran und Gummi arabicum können keine Gele bilden, erhöhen aber die Viskosität von Flüssigkeiten und werden darum als Dickungsmittel bezeichnet. Agar, Alginate, Carrageenane und Frucellaran sind Geliermittel. In den meisten Ländern ist die Höhe solcher Ballaststoffbeimengungen zu Nahrungsmitteln gesetzlich limitiert.

G u m m i a r a b i c u m ist eine Ausschwitzung aus Akazienbäumen, die sich nach Verletzung der Pflanze bildet. Diese Exsudate sind zwar keine Zellwandbestandteile, sind aber, was chemische Zusammensetzung und physikalische und physiologische Eigenschaften betrifft, diesen sehr ähnlich. Sie werden darum in den Ballaststoffkomplex einbezogen. Chemisch ist Gummi arabicum ein verzweigtes, sehr komplexes Polysaccharid mit einem Molekulargewicht von 250'000-1'000'000 AME. Galaktose ist der überwiegende Zuckerbaustein. Daneben finden sich noch Arabinose und teilweise methylierte Glukuronsäure. Lebensmitteltechnologisch hat Gummi arabicum vielfältige Verwendungsmöglichkeiten: Dank Gummi arabicum-Zusätzen haften Tortenglasuren besser, schäumen Biere ein-drucksvoller, kleben verschiedene Käsesorten weniger, erhalten Mehle bessere Backeigenschaften und bleibt Brot länger frisch.

G u a r a n (guar gum) wird aus dem Endosperm der Guarbohne gewonnen. Diese Hülsenfrüchtler werden bevorzugt in Indien und

Pakistan angebaut. Guaran ist ein verzweigtes Gallaktomannan mit einem Molekulargewicht von 200'000-300'000 AME. Das Grundskelett besteht aus Mannose, die Seitenketten aus Galaktoseeinheiten. Wegen seiner erheblichen Quellfähigkeit ist Guaran in verschiedenen kalorienreduzierten Nahrungsmitteln wie Margarine, Suppen, Teigwaren und Brot enthalten. Diätetisch verabreicht führte Guaran in Humanversuchen zu einer signifikanten Senkung des Cholesterinspiegels (72). Wurde Guaran zusammen mit Glucose verabreicht, so zeigte sich eine deutliche Abflachung der Blutzuckerkurve und eine signifikante Senkung des reaktiven Insulinstiegs (68).

Carubin (Locust bean gum) wird aus dem Samen des Johannisbrotbaumes hergestellt, der vorwiegend in den Mittelmeerländern angepflanzt wird. Vom Guaran unterscheidet sich Carubin chemisch nur durch die Anzahl der Seitenketten. In der Lebensmittelindustrie findet Carubin vorwiegend als Stabilisator Verwendung. Arobon^R, ein Pulver aus geröstetem Johannisbrotmehl, wird vor allem im Säuglings- und Kleinkindesalter zur Behandlung von akuten und chronischen Diarrhöen eingesetzt (153). Das Eindickungspulver Nestargel^R stammt aus den Kernen des Johannisbrotes; Pädiater therapieren damit das habituelle Erbrechen verschiedener Ätiologie bei Säuglingen (153). Eine carubinreiche Kost führte bei gesunden Probanden zu einer signifikant erhöhten Stickstoffausscheidung durch die Faeces (82). Abgesehen von einer verminderten Proteinresorption könnte dieser Effekt auch durch eine gesteigerte Eiweißsekretion der Darmmucosa oder durch eine vermehrte Abschilferung von Darmepithelien hervorgerufen werden. In Tierversuchen konnte Harmuth (55) bei unveränderter Stickstoffretention eine erhöhte N-Ausscheidung im Stuhl bei verminderter N-Ausscheidung im Urin feststellen. Die in Lebensmitteln enthaltenen Carubinmengen führen bei ausreichender Versorgung mit Energieträgern zu keinem Eiweissmangel (82).

Agar, Carrageenan und Fructellern werden aus Rotalgen gewonnen. Diese sulfatierten Polysaccharide haben Galaktose und Anhydrogalaktose als monomere Bausteine. Der Hauptunterschied der drei Substanzen liegt in ihrem Sulfatgehalt; dieser bestimmt auch die chemischen Reaktionseigenschaften. In

der Lebensmitteltechnologie werden diese Substanzen als Stabilisatoren und Emulgatoren gebraucht. In der Medizin ist Agar vor allem als bakteriologisches Kulturmedium bekannt. Die regelmässige Verabreichung von Agar bewirkte in einer vierwöchigen Versuchsphase eine wesentliche Erhöhung des Trockenstuhlgewichtes. Als unerwünschter Nebeneffekt trat eine deutliche Verminderung der Eisenresorption in Erscheinung (56). Wegen ihrer beträchtlichen Quellfähigkeit werden Agar und Carrageenan allein oder in Kombination mit andern Substanzen als Abführmittel gebraucht (153). Carrageenan senkte bei Ratten, die eine cholesterinangereicherte Diät verabreicht bekamen, signifikant den Serumcholesterinspiegel (38).

P s y l l i u m s c h l e i m , der in der Humanmedizin als Abführmittel eingesetzt wird, führte bei Ratten zu einer signifikanten Erhöhung der Gallensäureausscheidung (6).

Pektine

"Pektinstoffe" steht als Sammelbegriff für die zur Hauptsache aus D-Galakturonsäure aufgebauten, unverdaulichen Polysaccharide. Diese sind in α -glykosidischer 1-4-Bindung verknüpft. Die Carboxylgruppen der Uronsäuren sind teils frei, teils mit Methanol verestert. Der Polymerisations- und Substitutionsgrad der verzweigten Ketten ist sehr verschieden. Demzufolge variiert auch das Molekulargewicht stark, Werte bis 300'000 AME sind möglich. Nativ in der Pflanze vorkommende Pektinstoffe werden Protopektine genannt. Die Protopektine sind wesentliche Bestandteile der pflanzlichen Zellwandmatrix und der Interzellulärsubstanz. Sie sind untereinander über die Metallionen Kalzium und Magnesium vernetzt. Ueber kovalente Bindungen sind sie zudem mit Hemizellulosen und zellwandeigenen Proteinen verknüpft und garantieren so den Zusammenhalt der einzelnen Pflanzenzellen. Die Aufspaltung von Protopektin zu wasserlöslichem Pektin geht mit einer Abnahme der Gewebefestigkeit und des Gewebezusammenhaltes einher. Die bei einer reifenden Frucht zu beobachtende Konsistenzänderung ist auf diesen Mechanismus zurückzuführen. Die Aufspaltung vollzieht sich auf enzymatischem Weg oder wird wie in der Lebensmittelindustrie

durch Hydrolyse mit Säuren bewerkstelligt. Der mengenmässige Anteil der Pektinstoffe liegt bei den pflanzlichen Nahrungsmitteln im allgemeinen unter einem Prozent. Die Schale von Zitrusfrüchten enthält 30%, diejenige von Äpfeln 50% Pektinstoffe. Industriell hergestellte Pektinpräparate werden deshalb bevorzugt aus Äpfel- und Zitrustresten hergestellt. Früchte kann man bekanntlich gelieren, indem man sie zusammen mit Pektin und Zucker einkocht. Dank dieser Fähigkeit zur Gelbildung werden Pektine in grossem Ausmass bei der industriellen Herstellung von Konfitüren, Gelees und Eingemachtem gebraucht.

Im menschlichen Verdauungstrakt existieren keine körpereigenen pektinspaltenden Enzyme. Durch mikrobielle Tätigkeit werden die Pektine praktisch vollständig abgebaut. Es kommt ihnen also keine direkte stuhlformende Wirkung zu. Als Abbauprodukte treten niedrige Fettsäuren und Methanol auf. Die Frage, in welchem Ausmass dieses Methanol resorbiert wird, ist umstritten. Henzi, der in seiner sogenannten Methanolhypothese dem Methanol ursächliche Wirkung bei der Entstehung der Multiple Sklerose zuschreibt, verbietet in seiner Diät den Genuss von pektinreichen Nahrungsmitteln (60). Die entstehenden Fettsäuren können teilweise resorbiert werden, doch hat dies mengenmässig keine Auswirkungen auf den Energiestoffwechsel (10, 67). Aus dem Intermediärstoffwechsel der Bakterien fallen zudem Pektinabbauprodukte von noch nicht genau bekannter Struktur an. Gemäss Arbeiten von Bock werden diese Abbauprodukte in einer Konzentration resorbiert, die eventuell Auswirkungen auf das Blutgerinnungssystem haben könnten (10). Die haemostatische Wirkung von subcutan verabreichter kolloidaler Lösung von Pektin ist ja in der Medizin seit langem bekannt (153).

Pektine können den Cholesterinstoffwechsel bei Mensch und Tier beeinflussen. Ein pektinangereichertes Futter führte bei verschiedenen Tierarten zu einer Senkung des Serumcholesterinspiegels (37, 154). Dieser Effekt war ausgeprägter, wenn das Tierfutter cholesterinreich war. Signifikante Resultate erreichte man mit Pektinen, die einen hohen Veresterungsgrad aufwiesen, bei denen also viele Carboxylgruppen mit Methanol verestert waren (37). Pektingaben bewirkten eine Erhöhung der fäkalen Ausscheidung von

Gallensäuren. Dieser Effekt war unabhängig von der intestinalen Bakterienflora. Bei medikamentös sterilisiertem Darm konnte bei Ratten die gleiche Wirkung beobachtet werden (154). Die Pektine scheinen also über adsorbierende Eigenschaften zu verfügen. Beim Menschen führte der Zusatz von 15 Gramm Zitruspektin zur Normalkost innerhalb von drei Wochen zu einer durchschnittlichen Senkung des Cholesterinspiegels von 13% (77). Gleichzeitig erhöhte sich die Stuhlfettausscheidung signifikant.

Eine weitere Eigenschaft der Pektine ist die Fähigkeit, zwei- oder mehrwertige Kationen zu binden. Dieser Effekt ist bei niedrigem Methylierungsgrad der Carboxylgruppen ausgeprägter. In Tierversuchen konnte gezeigt werden, dass Pektine im Intestinum von Ratten toxische Metallionen wie Blei und Strontium zu binden vermögen. Dadurch wird deren Resorptionsquote signifikant vermindert (152). Inwieweit die Resorption von essentiellen Kationen bei Menschen gestört werden kann, ist noch nicht genau geklärt. Kaspar untersuchte das Verhalten der Eisen-, Zink-, Calcium und Magnesiumkonzentration im Serum bei einer täglichen Verabreichung von 15 Gramm Pektin zur Normalkost (74). Nach 64 Tagen fand er eine signifikante Verminderung der Serumzinkkonzentration.

B. Polyphenylpropane

Eine Verholzung von pflanzlichen Geweben kommt durch Einlagerung gewisser als Lignine bezeichneter Stoffe zustande. Chemisch sind die Lignine keine Kohlenhydrate, sondern polymere Körper aus Phenylpropan mit einem Molekulargewicht von 1000-45000 AME, die sich zu einem dreidimensionalen Gitter vernetzen und so der Zellwand Festigkeit verleihen. Lignin ist nach der Zellulose quantitativ der bedeutendste organische Rohstoff. Holz enthält etwa 50% Lignin, die Zellwände eines Apfels z.B. 25%. Da Lignin nicht quillt, wird es wie die Zellulose von den Lebensmitteltechnologien als Füllstoff bezeichnet. Durch die intestinale Bakterienflora ist Lignin praktisch nicht spaltbar und senkt sogar durch Interaktionen den Grad der mikrobiellen Ausnutzung der andern Ballaststoffkomponenten. Es werden dem Lignin gallensäurebildende Eigenschaften zugesprochen (34). Gereinigtes Lignin, das in der Höhe von 1,2-4 g pro Tag verabreicht wurde, hatte gemäss französischen Autoren bei

Hypercholesterinaemiepatienten ungefähr den gleichen Effekt wie der Anionenaustauscher Colestyramin (136). Bei Ratten mit erhöhtem Serumcholesterin konnte durch Ligninfütterung ebenfalls eine Senkung des Cholesterinspiegels beobachtet werden. Unter cholesterinfreier Diät blieben Ligningaben ohne Auswirkungen auf das Serumcholesterin (94).

C. Lipide

An ihrer Oberfläche sind die oberirdischen Organe der höheren Pflanzen von einem meist einschichtigen Abschlussgewebe, der Epidermis, überzogen. Auf der Epidermis liegt noch ein dünnes, lückenloses, gefälteltes und sehr hydrophobes Häutchen, die sogenannte Kuticula. Diese Schichten geben der Pflanze einen gewissen mechanischen Schutz und kontrollieren Gasaustausch und Wasserdampfabgabe. Die Kuticula besteht zur Hauptsache aus Kutin, das durch die Zellwand ausgeschieden wird und dann als amorphe Masse erstarrt. Chemisch besteht Kutin aus Polymeren von Mono-, Di-, Tri- und Polyhydroxyfettsäuren. Diese sind untereinander zu komplexen Molekülen verestert.

Bei verschiedenen Pflanzenteilen wird der Verdunstungsschutz durch deutlich sichtbare Wachsüberzüge zusätzlich verstärkt. Als eindrucksvolle Beispiele seien die Weinbeeren, Pflaumen und die Kohlblätter erwähnt. Diese Ueberzüge bestehen aus stäbchen- oder röhrenförmigen Waskristallen. Wachse sind Monoester langkettiger Carbonsäuren mit ebenfalls langkettigen Alkoholen.

Kutine und Wachse passieren den menschlichen Verdauungstrakt praktisch unverdaut. Je nach verzehrter Menge bilden sie einen nicht zu unterschätzenden Anteil des Stuhlfettes.

D. Proteine

Alle pflanzlichen Zellwände enthalten Stickstoffsubstanzen. Sie liegen zum Teil als Glycoproteine dicht in die Zellwandstruktur vernetzt und sind darum sehr resistent gegenüber sämtlichen intestinalen Verdauungsprozessen. Daneben sind in den Zellwänden noch eine Reihe von Enzymen und Enzyminhibitoren enthalten.

E. Mineralstoffe

Nebst organischen Substanzen werden auch Stoffe mineralischer Art in die Zellwände eingelagert. Quantitativ spielt Silicium eine relativ wichtige Rolle. Die Zellwände verschiedener Algenarten beinhalten reichlich Calciumcarbonat und Calciumoxalat. In jedem Fall führen Mineralstoffe zu einer Härtung der Zellwände. Silicium soll zudem die mikrobielle Verdaulichkeit der andern Ballaststoffkomponenten herabsetzen.

Zudem sind auch Spurenelemente, vor allem Chrom und Zink, in den Zellwänden enthalten.

F. Uebriges

Im "dietary fibre complex" von Trowell ist Phytin miteingeschlossen (148). Andere Autoren klammern Phytin aus dem Ballaststoffbegriff aus (67). Sie rechnen Phytin, ein Ca-Mg-Salz der Inosithexaphosphorsäure, zu den Zellinhaltsstoffen von Schalenorganen. Phytin ist in den Kleiebestandteilen der Getreidekörner reichlich enthalten. Es wirkt hemmend auf die Resorption von Kalzium, Eisen und Zink.

Die Zellwände beinhalten im weiteren eine noch nicht überblickbare Vielzahl von organischen Substanzen. Inwieweit diese Substanzen an den spezifischen Wirkungen der Ballaststoffe beteiligt sind, ist noch weitgehend unbekannt. Aus dieser Gruppe seien im folgenden einige Beispiele erwähnt: Saponine sind Glycoside, die mit Wasser eine kolloidale, seifige Lösung bilden. Die Seifenwurzel enthält bis zu 20% Saponin. Tannin ist ein sogenannter Gerbstoff, dessen Bedeutung für die Pflanze in seiner konservierenden Wirkung liegt. Zu dieser Gruppe gehören auch die verschiedenen chemischen Formen des gelben Pflanzenfarbstoffes Flavenol und einige unverdauliche Oligosaccharide, die u.a. für die Gasbildung im Darm verantwortlich gemacht werden.

4.4. DIAETETISCH NUTZBARE EIGENSCHAFTEN VON BALLASTSTOFFEN

Burkitt (12) fand bei seinen epidemiologischen Studien mit ländlichen, ballastreich ernährten Bantus viel höhere Stuhlausscheidungen und eine bedeutend raschere intestinale Transitzeit als bei westeuropäischen Probanden, die die übliche schlackenarme Kost zu sich nahmen. Diese Bantus zeigten auch eine deutlich geringere Inzidenz an kolorektalen Karzinomen. Auch die nachfolgend aufgelisteten Krankheiten waren nahezu unbekannt: Karies, Hiatushernien, Gallensteinleiden, Appendicitiden, Obstipation, Kolon irritabile, Kolondivertikulosen, Kolonpolypen, Kolonkarzinome, Hämorrhoiden, kardiovaskuläre Erkrankungen, Hyperlipidaemien, Diabetes mellitus, Varicosis und Venenthrombosen. Diese in den westlichen Industrienationen sehr häufigen Erkrankungen wurden unter dem Begriff "Western diseases" zusammengefasst. In der Folge versuchten Burkitt (12), Trowell (146) und andere Autoren einen Kausalzusammenhang zwischen der Höhe der Ballaststoffzufuhr und der Häufigkeit der "Western diseases" aufzudecken; die sogenannte "Faserhypothese" wurde aufgestellt. In diesem Zusammenhang ist die Beobachtung von Forster und Knutson interessant, die 1958 das gehäufte gemeinsame Auftreten von Divertikulose, Hiatushernie und Cholelithiasis beschrieben und als Trias von Saint bezeichneten. Bislang wurde dieses Zusammentreffen als zufällig erachtet. Immerhin sind aber die Krankheiten der Trias alles "Western diseases".

Im Folgenden werden die möglichen Effekte von Ballaststoffen auf die Aetiologie, Therapie und Prophylaxe der einzelnen Zivilisationskrankheiten besprochen.

Das seltene Vorkommen der *K a r i e s* bei den Bantus hängt wahrscheinlich von zwei Faktoren ab. Ihre Kost ist bedeutend ärmer an niedermolekularen Kohlenhydraten, und zweitens führt das längere Kauen des ballastreichen Bolus zu einer mechanischen Reinigung der Zähne; allfällige Plaques werden so entfernt.

Die *O b s t i p a t i o n* ist in unseren Breiten ein sehr häufiges Leiden; nebst anderen ursächlichen Faktoren ist sie ein Ausdruck chronischer Fehlernährung. Die Peristaltik des Darmes hängt in starkem Mass von seiner Füllung ab. Schlackenarme Nah-

lung liefert ein geringes Stuhlvolumen, die Darmperistaltik wird somit wenig angeregt. Eine generelle Umstellung der Verzehrgewohnheiten ist aber schwerlich durchzusetzen. Unter Beibehaltung der normalen Kost werden darum Ballaststoffe gesondert verabreicht. Bei der Behandlung der Obstipation hat sich Weizenkleie in einer Menge von täglich 20-40 Gramm bewährt. Kleie besteht aus den äusseren Getreidekornschichten, die beim Vermahlen des Kornes zu Mehl abgetrennt werden. Der Ballaststoffgehalt der Speisekleie beträgt etwa 50%, es sind vor allem Hemizellulose, Zellulose und Lignin enthalten. Eiweiss, Stärke, Fett, Mineralstoffe und Vitamine bilden zu ungefähr gleichen Teilen die restlichen Komponenten. Durch Weizenkleie wird das Stuhlgewicht und -volumen erhöht und die Transitzeit verkürzt. Das Stuhlvolumen wird nicht nur wegen der quellfähigen Ballaststoffe selbst, sondern auch durch die vom mikrobiellen Abbau herrührenden Gase vergrössert. Die daneben entstehenden kurzkettigen Fettsäuren haben erstens einen osmotischen Effekt und wirken zweitens über chemische Reize direkt motilitätssteigernd. Die Motilitätssteigerung beruht auf einer Zunahme der propulsiven Kontraktionen im Kolon. Zu Beginn der Kleietherapie kann es einige Tage zu vermehrter Flatulenz oder abdominalen Beschwerden in Form von leichten Spasmen kommen. Nach einer kurzen Angewöhnungszeit verschwindet diese Symptomatik jedoch wieder. Es darf allerdings nicht vergessen werden, dass auch andere Faktoren, wie z.B. Bewegungsmangel und psychische Alterationen, die Darmmotilität negativ beeinflussen können.

Die regulierende Wirkung von Ballaststoffen auf die Magen-Darmmotorik ist auch bei den Säuglingen unbestritten. Das sogenannte zweite Kohlenhydrat wird ja häufig in Form von ballastreichen Vollkornmehlen verabreicht. Die Pädiater sprechen von der Nähr- und Kolloidfunktion des zweiten Kohlenhydrates.

Obstipation führt vor allem bei der Defäkation zu überhöhten intraabdominellen Druckwerten. Dadurch soll die Entstehung von H ä m o r r h o i d e n , H i a t u s h e r n i e n , V a r i z e n und deren Komplikationen begünstigt werden.

Das C o l o n i r r i t a b i l e ist ein im Zunehmen begriffenes Krankheitsbild unbekannter Ursache, das durch gestörte

Motilität und Sekretion im Bereiche des Colon charakterisiert ist. Die Patienten klagen über Schmerzen, die von einem unangenehmen abdominellen Druckgefühl bis zu massiven Abdominalkoliken reichen können. Dazu kommen Stuhlunregelmässigkeiten im Sinne von chronischer Obstipation oder chronischer Diarrhoe oder einer Alternation von beidem.

Neben den propulsiven gibt es noch die sogenannt segmentalen Kontraktionswellen. Diese bewegen den Stuhl hin und her und kneten und formen ihn so. Bei diesen Kontraktionen können die einzelnen Kolonsegmente praktisch gegeneinander abgeschlossen sein. Beim Reizcolon kommt es zu einer Zunahme der segmentalen Kontraktionswellen. Diese bewirkt eine äusserst schmerzhaft Erhöhung des intraluminalen Druckes. Verschiedene Autoren konnten einen schmerzlindernden und stuhlregulierenden Einfluss von Weizenkleie beobachten (39, 75). Kleie hat auch einen Einfluss auf die chronische Diarrhoe und hat somit ähnliche Wirkung wie das Johannisbrotkernmehl (68). Für Kaspar (75) ist der günstige therapeutische Einfluss von Weizenkleie noch kein Beweis dafür, dass ballastarme Kost bei der Entstehung des Reizcolon eine ursächliche Rolle spielt.

Die genaue Entstehung der C o l o n d i v e r t i k u l o s e ist noch nicht restlos geklärt. Die Divertikel sind serosabedeckte Ausstülpungen der Darmmucosa an den Eintrittstellen der Gefässe. Man nimmt an, dass diese Schwachstellen einem langandauernden erhöhten Binnendruck bei verstärkten segmentalen Kontraktionen nachgeben. Kranke mit Divertikeln haben ja häufig eine spastische Obstipation. Die Verabreichung von täglich 30 Gramm Weizenkleie vermindert die Symptomatik über eine Herabsetzung des intraluminalen Druckes. Der allgemein anerkannte Beweis, dass ballastreiche Kost die Entstehung von Divertikeln verhindert, ist noch nicht erbracht (75). Immerhin gibt es starke Hinweise für einen diesbezüglichen direkten Zusammenhang. So zeigte eine neue englische Studie, dass Vegetarier eine drei mal niedrigere Inzidenz an Divertikulose zu verzeichnen haben als Normalkonsumenten (1).

Kleine Kotballen, die in Divertikeln stecken bleiben, können sich infizieren und so eine Divertikulitis erzeugen. Man könnte

sich vorstellen, dass es bei dünnflüssigerem Stuhl, der zudem das Kolon schneller passiert, auch weniger zu Divertikulitiden kommt. Dieser Mechanismus scheint zumindest für das seltene Auftreten der *A p p e n d i z i t i s* bei den Bantus verantwortlich zu sein. Die Entzündung des Appendix wird ja meist durch Ansiedlung von Darmbakterien bei Sekret- und Kotstauung ausgelöst.

Die Häufigkeit des k o l o r e k t a l e n K a r z i n o m s ist in unseren Breiten im Zunehmen begriffen. Die Kolonkarzinominzidenz in der Schweiz liegt in der gleichen Grössenordnung wie diejenige für Bronchus- und Mammakarzinome. Es scheint, dass bei primär gesunder Kolonschleimhaut exogene Faktoren wie Diätgewohnheiten und Bakterienflora bei der Karzinogenese entscheidend beteiligt sind. Bisher gelang es noch nicht, die eigentlichen karzinogenen Substanzen mit Sicherheit zu identifizieren. Schon 1948 stellte die WHO (156) fest, dass das kolorektale Karzinom in Nordamerika, Nordwesteuropa, Australien und Neuseeland viel häufiger vorkam als in grossen Teilen von Afrika, Asien und Südamerika. Man fand einen Zusammenhang zwischen der Häufigkeitszunahme des kolorektalen Karzinoms und der Höhe des Fleisch- und Fettkonsums (161). Es wurde die Arbeitshypothese aufgestellt, dass in Abhängigkeit vom Konsum tierischer Fette karzinogene Substanzen entstehen könnten. Hill stellte fest, dass fettreiche Nahrung die intestinale Bakterienflora beeinflussen kann (61). Auch fand er einen Zusammenhang zwischen der Höhe der Gallensäureausscheidung im Stuhl und der Häufigkeit des kolorektalen Karzinoms: Kolonkarzinompatienten und Polypenträger schieden mehr Gallensäuren, Cholesterin und Cholesterinabbauprodukte aus als gesunde Kontrollpersonen (62). Eine heute viel diskutierte Möglichkeit der Karzinomentstehung ist die folgende (100): Hoher Fett- und Fleischkonsum führt zu einer hohen Gallensekretionsrate. Die Galle ist bei dieser Diätart reich an Gallensäuren und Cholesterin. Im Darmtrakt ist die Konzentration dieser Steroide dementsprechend hoch. Tierische Fette scheinen zudem die Enzymaktivität der anaeroben Dickdarmbakterienflora zu beeinflussen. Dabei werden Anzahl und Verteilungsmuster der verschiedenen Bakterienstämme nicht verändert (89). Es werden vor allem diejenigen

Enzymsysteme aktiviert, die Gallensäuren und Cholesterin verstoffwechseln können. Von diesen Abbauprodukten nimmt man heute an, dass sie karzinogene oder zumindest präkarzinogene Wirkung haben könnten. Resultate aus Tierversuchen scheinen in Richtung dieser Theorie zu weisen; Fette und sekundäre Gallensäuren erhöhten jedenfalls die Karzinogenität experimenteller Karzinogene deutlich (107). Inwieweit Cholesterin und seine Abbauprodukte bei der Karzinogenese beteiligt sind, erscheint noch völlig unklar. Zwischen der Mortalität an Kolonkarzinomen und der Mortalität an kardiovaskulären Erkrankungen besteht eine gesicherte statistische Beziehung (100). Ob dieser Zusammenhang möglicherweise in der erhöhten fäkalen Ausscheidung von Cholesterin unter Colestyramintherapie begründet liegt, ist beim Menschen noch nicht bewiesen. Bei Ratten jedenfalls hat Colestyramin krebserzeugende Wirkung (81).

Die epidemiologischen Studien von Burkitt und anderen Autoren (12) weisen ballastreicher Kost eine protektive Wirkung bei der Entwicklung maligner Neoplasien des Kolons zu. Burkitt postulierte, dass durch die Verkürzung der intestinalen Passage weniger karzinogene Substanzen produziert würden und dass diese weniger Zeit zu Interaktionen mit der Darmwand hätten. Eine vergrößerte Stuhlmenge führe zudem zu einer Verdünnung allfälliger Karzinogene. Gegen diesen Wirkungsmechanismus wurden verschiedene wichtige Argumente ins Feld geführt. So leiden westeuropäische Frauen viel häufiger an Obstipation als Männer. Die intestinale Transitzeit ist also verlängert, aber die Inzidenz der kolorektalen Karzinome ist bei Frauen nicht erhöht. Im weiteren konnte gezeigt werden, dass der Umfang der bakteriellen Abbauprozesse nicht allein von der Passagezeit abhängt. So wurde unter ballastarmer Kost mit hoher Transitzeit bedeutend weniger Cholesterin verstoffwechselt als unter einer ballastreichen, schneller passierenden Kost (140). Weizenkleie führt durch eine deutliche Zunahme der Stuhlmenge zu einer beträchtlichen Verdünnung der fäkalen Gallensäuren. Durch Gaben von Pektin und Guaran kommt es hingegen zu einer massiven Zunahme von Gallensäuren im Stuhl.

Trotz diesen Einwänden gegen die Wirkungsweise scheint Burkitts Schlussfolgerung, dass ballastreiche Nahrung vor kolorektalen

Karzinomen einen gewissen Schutz biete, richtig zu sein (107). Man darf sich aber nicht damit zufrieden geben, die protektive Wirkung der Ballaststoffe oder die krebsfördernde Wirkung tierischer Fette herauszustreichen. Wichtiger wäre es, mehr über die wahre Identität der krebserzeugenden Substanzen zu wissen.

Die Zahl der A d i p ö s e n nimmt in den westlichen Industrienationen ständig zu (159). Zwei Hauptfaktoren werden dafür verantwortlich gemacht: Bewegungsmangel und zu hoher Verzehr von schlackenarmen Nahrungsmitteln mit höchster Energiedichte. Ballaststoffhaltige Nahrungsmittel haben bei niedrigem Energiegehalt einen hohen Sättigungseffekt. Ballastreiche Speisen bedingen ein längeres Kauen. Kauen verbraucht Energie und vermittelt ein früheres Sättigungsgefühl. Für das Einspeicheln des Bissens ist eine vermehrte Speichelsekretion nötig, die mit intensiven, energieverbrauchenden Stoffwechselprozessen in den Speicheldrüsen einhergeht. Die voluminösere Nahrung, die zudem noch quellfähig ist, führt zusammen mit den grösseren Speichelmengen zu einer stärkeren Magen- und Darmfüllung. Die Dehnung von Magen- und Darmwänden führt über ein komplexes Reflexgeschehen zur Hungerdämpfung. Durch intensivierte Tätigkeit der Verdauungsorgane wie erhöhte Peristaltik und vermehrte Sekretionsprozesse wird ein Teil der zugeführten Energie direkt wieder beansprucht. Ballaststoffe scheinen auch die optimale Ausnutzung der Energieträger herabzusetzen (93). Southgate (121) zeigte, dass unter schlackenarmer Kost 97%, unter ballastreicher aber nur 92% der in den Lebensmitteln enthaltenen Energie resorbiert wird. Die Fettausscheidung im Stuhl ist bei ballastreicher Ernährung leicht erhöht. Die Eiweissresorption scheint etwas vermindert zu sein. Als mögliche Ursachen werden eine Inaktivierung von proteolytischen Hormonen und Komplexbildungsprozesse erwogen (76). Restlos geklärt sind diese Effekte jedoch nicht. Möglicherweise stören Zellwandbestandteile die Resorption als direktes mechanisches Hindernis. Eine beschleunigte Dünndarmpassage verkürzt die Kontaktzeit des Speisebreies mit der Dünndarmmucosa; eventuell wird die Resorptionsquote auch dadurch herabgesetzt. Die Zufuhr von pektinfreiem Apfelsaft führt beim Menschen zu viel höheren Seruminsulinkonzentrationen als die

Verabreichung einer isoenergetischen Menge Äpfel (54). Nach dem Genuss ballastarmer Nahrungsmittel kommt es also zu einer deutlicheren reaktiven Insulinfreisetzung als nach dem Verzehr ballastreicher Speisen. Der hohe Insulinspiegel seinerseits führt zu einem raschen Abfall der Blutglucose. Im Tierversuch (105) konnte gezeigt werden, dass rasch sinkende Glucosespiegel eine Steigerung der Fresslust zur Folge hatten. Wahrscheinlich spielt beim Menschen dieser Mechanismus auch. Der Konsum von ballaststoffreichen Speisen könnte somit zu einer länger anhaltenden Sättigung führen.

Insulin fördert über die Lipoproteinlipase die Triglyceridsynthese und hemmt gleichzeitig die lipolytischen Hormone. Im Rahmen dieses Mechanismus werden vor allem überschüssenden Insulinkonzentrationen eine vermehrte Depotfettbildung zugeschrieben.

Im Sinne einer langfristigen Prophylaxe bietet eine ballastreiche Kost einen sicheren Schutz vor der Entwicklung einer Adipositas. Die epidemiologischen Arbeiten von Burkitt zeigten das eindrucklich (12). Es wäre aber eine grobe Vereinfachung, wenn man sagen würde, der sicherste Weg für eine erfolgreiche Adipositas-therapie führe über eine möglichst schlackenreiche Diät. Theoretische Erwägungen und praktische Erfahrungen klaffen hier auseinander. Zu komplex sind die Faktoren, die die Entwicklung einer Übergewichtigkeit begünstigen, als dass sich einfache Standarddiäten bewähren könnten. Man hat gesehen, dass eine rasche Gewichtsreduktion zu häufigen Rezidiven führt. Eine Reduktion von etwa zwei Kilogramm pro Monat scheint zu einem langfristigen Erfolg zu führen. Die Gewichtsreduktion wird sich somit über einen längeren Zeitraum erstrecken. Von besonderer Wichtigkeit ist darum in erster Linie die genügende Versorgung mit essentiellen Nährstoffen. In den allermeisten Fällen ist eine Gewichtsreduktionsdiät reich an Ballaststoffen. Allerdings erreichte Rabast (105) mit ballastarmer und massiv kohlenhydratreduzierter Kost auch befriedigende Ergebnisse. Die Ballaststoffe Carubin, Guaran, Carrageenan und Pektin sind Bestandteile vieler im Handel erhältlicher Schlankheitsdiäten.

Wie erwähnt, üben Ballaststoffe einen regulierenden Einfluss auf den Kohlenhydratstoffwechsel aus (54). Der Zusatz von 10 Gramm

Pektin oder 16 Gramm Guarmehl zur Normalkost führte bei Gesunden wie auch bei Diabetikern zu einem signifikant flacheren Verlauf der postprandialen Serumglucosekonzentrationskurve. Die reaktive Insulinfreisetzung war dementsprechend vermindert (72). Bei Diabetikern, die mit Insulin oder Sulfonylharnstoffen eingestellt waren, konnte Kiehm (78) unter ballastreicher Kost, trotz höherer Gesamtkohlenhydratzufuhren, einen geringeren Bedarf an Antidiabetika feststellen. Nach Douglas (26) sollen vor allem roh verzehrte ballaststoffreiche Nahrungsmittel die medikamentöse Diabeteseinstellung erleichtern. Als Ursache für diesen günstigen Effekt auf die Glucosetoleranz werden verschiedene Faktoren diskutiert. Der gröbere Speisebrei verweilt durch Gelbildungsprozesse längere Zeit im Magen, die Entleerung in den Dünndarm und somit auch die Resorptionsvorgänge werden dadurch verzögert. Durch die Gelbildung wird auch das Ausmass der Resorption vermindert. In vitro konnte zudem gezeigt werden, dass Ballaststoffe die kohlenhydratabbauenden Enzyme teilweise zu inaktivieren vermögen (83). Einen nicht unwesentlichen Einfluss sollen auch vermehrt freigesetzte kontrainsulinär wirkende Hormone ausüben.

Die hier wiedergegebenen Versuchsergebnisse beziehen sich auf eine relativ kurze Untersuchungsperiode. Inwieweit die beobachteten Effekte durch Adaptationsvorgänge vermindert werden, ist noch unklar. Die Arbeiten in bezug auf die praktischen Anwendungsmöglichkeiten einzelner Ballaststoffe in der Diabeteseinstellung scheinen noch zu wenig weit gediehen zu sein. In neuesten Empfehlungen zur Ernährung bei Diabetes von Constam und Teuscher (18, 135) finden sie jedenfalls noch keine Erwähnung.

Die verzögerte Glucoseresorption nach Verabreichung bestimmter Ballaststoffe kann auch zur Behandlung des Dumping-Syndroms nach Gastrektomie herangezogen werden.

Gallensteine scheinen ein Produkt unserer Wohlstandsgesellschaft zu sein. In 80% handelt es sich - zumindest teilweise - um Cholesterinsteine. Dank der Micellenbildung der Gallersalze und des Lecithins kann das Cholesterin im wässrigen Milieu der Galle in Lösung gehalten werden. Für eine optimale Löslichkeit ist ein bestimmtes Verhältnis von Cholesterin zu Gal-

lensalzen und Lecithinen verantwortlich. Durch vermehrte Cholesterinsekretion der Leber wird dieses Verhältnis gestört; Cholesterin wird nicht mehr in Lösung gehalten und kann ausfallen.

Eine schlackenarme Kost, die reich an raffinierten Kohlenhydraten ist, führt zu einer Erhöhung der Cholesterinkonzentration in der Galle. Ballaststoffreiche Kost hingegen scheint die Sekretion von cholesterinreicher Galle zu vermindern und so das Risiko der Cholesterolgallensteinbildung zu vermindern. Heaton fand bei Frauen mittleren Alters, die während sechs Wochen 20-40 Gramm Weizenkleie zu sich nahmen, eine deutliche Verminderung des lithogenen Index (58).

Ueber den Zusammenhang zwischen artherosklerotischen Erkrankungen einer *Hypercholesterinaemie* besteht kaum mehr Zweifel (126). Inwieweit aber eine ballastarme Diät als möglicher direkter Risikofaktor in diese Zusammenhänge hineinspielt, ist umstritten und befindet sich teilweise noch im Stadium der Spekulationen. Trowell ist einer der vehementesten Verfechter der Hypothese, dass eine ballastreiche Kost vor kardiovaskulären Erkrankungen schützt (146, 147, 148). Seine Arbeiten wurden zum Gegenstand heftiger wissenschaftlicher Dispute. Man warf ihm vor, aus einem möglicherweise zufälligen Zusammentreffen zweier Fakten eine direkte kausale Beziehung konstruieren zu wollen. Immerhin ist die Kost, der die protektive Wirkung zugeschrieben wird, auch arm an Fett, niedermolekularen Zuckern und tierischem Protein. Mit gleicher Berechtigung könnte man also einem dieser Nahrungsbestandteile kardioprotektive Wirkung zuschreiben. Es ist praktisch unbestritten, dass eine fettreduzierte Diät cholesterinsenkend wirkt und somit das Risiko kardiovaskulärer Geschehen auch herabsetzen kann (126). Zudem vernachlässigte Trowell nicht ernährungsbedingte Faktoren wie Vererbung oder Nicotinkonsum.

Nach neueren differenzierten Untersuchungen an Mensch und Tier scheinen wasserlösliche Ballaststoffkomponenten eine cholesterinsenkende Wirkung zu haben (3). Wird ein Gesamtballaststoffkomplex verabreicht, so ist der Anteil der wasserlöslichen Komponenten für eine allfällige Beeinflussung des Lipidstoffwechsels verant-

wortlich. Gemüse und Früchte weisen einen höheren Gehalt an wasserlöslichen Ballaststoffen auf als Getreideprodukte. Nachweisbare Auswirkungen gehen aber bevorzugt von den isolierten, wasserlöslichen Komponenten Pektin und Guaran aus. Als einzige Ausnahme wird dem wasserunlöslichen Lignin ein gewisser senkender Effekt auf den Serumcholesterinspiegel zugesprochen (75, 82). Das Ausmass dieser Wirkung ist dosisabhängig, wobei die vom Menschen tolerierte Dosis natürlich begrenzt ist und bei Guarmehl und Pektin bei etwa 36 Gramm pro Tag liegt (111).

Folgender Wirkungsmechanismus wird angenommen (3): Cholesterin und Gallensäuren werden im Intestinaltrakt durch Ballaststoffe gebunden, zusätzlich in Gele eingebettet und so der Resorption entzogen. Die fäkale Ausscheidung von Cholesterin und Gallensäuren ist erhöht. Die auf diese Weise dem Kreislauf entzogenen Gallensäuren werden durch Neusynthese aus Cholesterin in der Leber ersetzt. Für die Inkorporation in Lipoproteine steht nun weniger Cholesterin zur Verfügung, und somit sinkt der Serumcholesterinspiegel. Auf Grund seiner vorläufigen Untersuchungsergebnisse vermutet Anderson, dass durch Ballaststoffe die Lipoproteinfraktionen ungleich beeinflusst werden könnten: Die LDL sollen sinken, die HDL hingegen ansteigen (3). Die arthrogene Bedeutung der einzelnen Lipoproteinfraktionen ist verschieden. Für die arteriosklerotischen Gefässveränderungen werden in erster Linie die LDL verantwortlich gemacht; sie transportieren endogenes und exogenes Fett aus dem Intestinaltrakt und der Leber in die Peripherie. Die HDL-Serumkonzentrationen verringern das Risiko arteriosklerotischer Komplikationen. Der genaue Wirkungsmechanismus ist noch unbekannt. Man nimmt an, dass durch die HDL die Aufnahme von Cholesterin in die Gewebe verringert wird und dass der Cholesterinrücktransport in die Leber gefördert wird (48). Jenkins konnte die LDL-Senkung auf Guarangaben bestätigen, einen Einfluss auf die HDL-Fraktion liess sich jedoch nicht objektivieren (73). In diesen Versuchen wurde Guarmehl in Knäckebrot eingebacken. Auf diese Weise wurde es auch von Patienten akzeptiert, die Colestyramin wegen seiner Darreichungsform oder den bekannten Nebenwirkungen ablehnten.

Für die Zukunft zeichnen sich hier gute Möglichkeiten zur The-

rapie der Hypercholesterinaemien ab. Zur Zeit findet die medikamentöse Verabreichung von Ballaststoffen in der Praxis noch keine routinemässige Anwendung. In neuesten Empfehlungen von Mordasini werden sie jedenfalls noch nicht erwähnt (97).

4.5. UNERWUNSCHT E WIRKUNGEN VON BALLASTSTOFFEN

Physikochemische Interaktionen zwischen Pharmaka und Ballaststoffen konnten mit Versuchen an Mensch und Tier verifiziert werden (76). Tranquilizer und einzelne blutdrucksenkende Medikamente können in Abhängigkeit von Temperatur und pH mit Carrageenan unlösliche Komplexe bilden und so der Resorption entzogen werden (49). Auch Nitrofurantoin und gewisse Analgetika werden bei gleichzeitiger Anwesenheit grosser Mengen unverdaulicher Kohlenhydrate in etwas geringerem Ausmass resorbiert (116). Die Digoxinserumkonzentration wird durch gleichzeitige Verabreichung von Ballaststoffen nicht wesentlich beeinflusst (76). Gesamthaft gesehen scheint die Ausnutzung von Medikamenten beim Verzehr einer natürlichen, ballastreichen Kost nicht ernsthaft tangiert zu werden. Diesbezügliche Probleme könnten sich allenfalls beim therapeutischen Einsatz hoher Dosen isolierter Ballaststoffkomponenten ergeben.

Ueber die möglichen Mechanismen der Resorptionsbeeinträchtigung von Energieträgern wurde bereits berichtet.

Ein Nachteil der Weizenkleie ist ihr hoher Gehalt an Phytinsäure. Diese Phytine werden für die verminderte Ausnutzung von Mineralstoffen, insbesondere von Kalzium, Eisen und Zink, unter kleiereicher Diät verantwortlich gemacht. Der Verzehr von 36 Gramm Weizenkleie führte nach Angaben von Jenkins zu einer Senkung des Serumeisens um 21% (71). Ob dieser Effekt langfristig andauert oder ob sich eine gewisse Adaptation einstellt, ist noch ungewiss. Allerdings scheint nicht nur der Phytinanteil der Ballaststoffe für eine verminderte Resorption verantwortlich zu sein. Auch Pektine und Alginat e führten bei Ratten zu einer signifikanten Einschränkung der Kalziumresorption (152). Bei genügender Zufuhr ist die verminderte Mineralstoffausnutzung ohne klinische Folgen. Ist die Versorgung jedoch marginal und kommt möglicher-

weise noch ein erhöhter Verlust dazu, könnte dieser Effekt bedeutungsvoll werden. Betroffen würde wohl in erster Linie der Eisenstoffwechsel. Thomas weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass z.B. beim Getreide das gesamte Korn beträchtlich mehr Eiweiss, Mineralstoffe und Vitamine enthalte als der weisse Mehlkern (137). Scheinbare geringere Ausnutzung beim Konsum dunkler, ballastreicher Mehle würde durch das grössere Angebot mehr als wettgemacht.

Nachteilige Auswirkungen auf den Vitaminhaushalt unter ballastreicher Kost sind nicht sicher bewiesen. Aus Tierversuchen weiss man, dass hohe Einnahmen von Pektinen und Zellulose vorbestehende Vitamin B 12-Mangelzustände verschlimmern können (20).

Güller berichtete von vier Fällen aus seiner Praxis, in denen die Einnahme von Weizenkleie anstelle der gewünschten Laxation zu einer mechanischen Dickdarmobstruktion geführt hat (53). Die Weizenkleie sei nicht aufgequollen und habe sich nicht mit dem übrigen Stuhl vermischt. Sie sei als gleitunfähiger, stacheliger Pfropf im Bereiche des Rectums gesessen. Die Ursache dieses paradoxen Verhaltens konnte nicht geklärt werden.

4.6. RESULTATE

Die Analytik der Ballaststoffe ist noch im Fluss. Es existiert noch keine allgemein anerkannte Analysemethode. Die Chemiker des Institutes für Ernährungsforschung bestimmten den Ballaststoffgehalt der Säuglingsnahrung mit der enzymatischen Methode von Schweizer (114, 115). Diese Methode trägt der stofflichen Vielfalt der Ballaststoffkomponenten Rechnung und wird zudem der Definition von Trowell weitgehend gerecht (148). Im Prinzip wird bei der enzymatischen Methode die entsprechend vorbehandelte Nahrung einem Reagenziensatz menschlicher Verdauungsenzyme ausgesetzt. Nach dieser enzymatischen Verdauung könnte man unlösliche und lösliche Ballaststoffe in Substanz isolieren. In unserem Fall interessierten nur die Gesamtballaststoffe, nicht aber deren detaillierte Zusammensetzung. Die sonst recht aufwendige Methode liess sich so etwas vereinfachen.

Vor allem die unterschiedliche Gestaltung der Mittags- und

Nachmittagsmahlzeit führte zu Differenzen in der Ballaststoffzufuhr. Am besten versorgt waren diejenigen Säuglinge, die täglich einen Frischgemüse- und einen Frischfrüchtebrei erhielten. Weit unter dem Durchschnitt lagen jene, die vorwiegend anrührfertige Breie und Früchtequark verabreicht bekamen.

Tab. 7: Ballaststoffgehalt der Säuglingsnahrung

		Tageszufuhren in Gramm	Tageszufuhren in g pro 1000 Kcal	Tageszufuhren in g pro kg Körpergewicht
Unsere Studie	$\bar{x}$	5,1	7,5	0,7
	Extrembereich	1,6 - 11,7	2,3 - 17,1	0,6 - 1,6
	SD+	1,8	2,7	0,2
Studie bei Kleinkindern in der BRD		8		0,48
Erhebung in Schweizer Rekrutenschulen		17,1	8	0,24

4.7. DISKUSSION

Vergleichbare Daten im Säuglingsalter existieren unseres Wissens nicht. Droese bestimmte bei Kleinkindern anhand von Tabellen den Rohfasergehalt der Nahrung und schloss mittels Umrechnungsfaktoren auf den Ballaststoffkonsum (32). Er errechnete so tägliche Zufuhren von etwa 8 Gramm. Pro Kilogramm Körpergewicht entspricht das einer Zufuhr von 0,48 Gramm (Tab. 7). Diese Werte sind aber mit Vorbehalt aufzunehmen. Es ist bekannt, dass bei Speisen die gemessenen Istwerte beträchtlich von den Tabellenwerten abweichen können. Tabellenbestimmungen werden dem heutigen

Standard der Ernährungserhebungen nicht mehr gerecht. Als weiterer Unsicherheitsfaktor kommt hinzu, dass das Verhältnis Rohfaser- zu Ballaststoffgehalt von Nahrungsmittel zu Nahrungsmittel variiert. Ein allgemein gültiger Umrechnungsfaktor existiert nicht. Vergleicht man unsere Werte mit denjenigen, die 1979 in schweizerischen Rekrutenschulen ermittelt wurden (134), so ergibt sich bei der Zufuhr pro 1000 Kalorien Energie praktische Uebereinstimmung (Tab. 7). Auch in Deutschland und Dänemark wurden durchschnittliche Ballaststoffaufnahmen von 7-9 Gramm pro 1000 verzehrte Kalorien ermittelt. Der Ballaststoffverzehr pro Kilogramm Körpergewicht liegt bei den Säuglingen beträchtlich höher. Die Säuglinge erhielten 0,7 Gramm pro Kilogramm Körpergewicht, die Rekruten hingegen nur 0,24 Gramm.

Ueberblickt man die drei erwähnten Altersstufen (Tab. 7), so zeigt sich, dass mit zunehmendem Alter die zugeführte Menge an Ballaststoffen erwartungsgemäss ansteigt und dass der auf das Körpergewicht bezogene Wert kontinuierlich absinkt. Dieser Umstand überrascht keineswegs, da diese Tendenz auch bei anderen Nährstoffen bestens bekannt ist. Sicher kann daraus nicht der Schluss gezogen werden, unsere Säuglinge seien besser mit Ballaststoffen versorgt als beispielsweise die Rekruten (Tab. 7).

Die Ernährungswissenschaft ist zur Zeit noch nicht in der Lage, den Ballaststoffbedarf im Säuglingsalter abzuschätzen. Vergleichbare Daten sind keine vorhanden. Gegenwärtig ist es somit nicht möglich, die von uns ermittelte durchschnittliche Ballaststoffzufuhr von 5,1 Gramm pro Tag zu bewerten und einzuordnen. Immerhin scheint es, dass Zufuhren von etwa 10-12 Gramm - soviel erhielten die in unserer Studie überdurchschnittlich versorgten Säuglinge - an der oberen Grenze dessen sind, was in diesem Altersabschnitt an Ballaststoffen überhaupt zugeführt werden kann. Bei der Betrachtung des Gesamternährungsplanes dieser "gut versorgten" Säuglinge - sie erhielten täglich je einen Frischgemüse- und Frischfrüchtebrei - erscheint uns eine weitere Erhöhung der Ballaststoffzufuhr kaum praktikabel; sie würde wohl auf Kosten der Nährstoffzufuhr erfolgen.

Man ist sich einig, dass die Ballaststoffzufuhren bereits im jungen Erwachsenenalter eindeutig zu niedrig sind (134, Tab.7).

Die Hauptwirkung ballastreicher Nahrungsmittel liegt in ihrer breitgefächerten prophylaktischen Wirkung. Diese Wirkung kommt nur durch langfristige, regelmässige Einnahmen zustande. Der Pädiatrieprofessor Grüttner ist darum der Ansicht, es sei eine wichtige Aufgabe der Kinderärzte, die Essgewohnheiten der Kinder durch Unterweisung der Eltern frühzeitig in richtige Bahnen zu lenken (52). Vor allem solle den Eltern die Information geliefert werden, warum es für ihr Kind wichtig ist, dass der Genuss von tierischen Fetten, Zucker und feingemahlenen Mehlen zugunsten von Frischgemüsen, Obst und Kleie reduziert werden muss.

5. E N E R G I E T R A E G E R

5.1. ALLGEMEINE BEMERKUNGEN

Noch vor wenigen Jahrzehnten war die genügende Versorgung mit den einzelnen Energieträgern nicht ohne weiteres gewährleistet. Der Eiweissmangel z.B. ist in vielen Entwicklungsländern noch heute ein aktuelles Ernährungsproblem. Bei uns hingegen werden in den letzten Jahren entgegengesetzt verlaufende Tendenzen bekämpft. Die Uebersorgung mit Energieträgern ist ein in allen Ueberfluggesellschaften weit verbreitetes Uebel, das sich durch alle sozialen Schichten und durch alle Altersstufen zieht. In der BRD waren 1974 rund ein Fünftel aller 3- bis 10jährigen Kinder überernährt (86). Zuppinger veröffentlichte 1976 für etwas ältere Schweizer Kinder ungefähr gleiche Zahlen (164). Vor allem bei den von Geburt an künstlich ernährten Säuglingen ist die Uebergewichtigkeit ebenfalls ein bekanntes Problem (142). Auch bei uns sind noch viele Eltern stolz auf einen rundlichen, wohlgenährten Säugling. Möglichst schnelle Gewichtszunahmen sind noch vielerorts ein direkter Parameter für die Qualität der mütterlichen Liebe und Fürsorge. Dicke Säuglinge und Kleinkinder gelten überdies als besonders widerstandsfähig. Erwiesenermassen ist aber das Gegenteil der Fall. Uebereinstimmende Erfahrungen von Pädiatern zeigen, dass schlanke Kinder weniger oft krank sind. Zudem geben folgende Komplikationen der kindlichen Adipositas nicht selten zu Konsultationen beim Kinderarzt Anlass: Oft wird ein Hypogonadismus vermutet, wenn der Penis im präpubischen Fettpolster versinkt. Auch sind bei fetten Knaben die Hoden bis zur Pubertät auffallend klein. Vermehrtes Unterhautfettgewebe im Pectoralisgebiet täuscht manchmal eine Gynäkomastie vor. Nicht selten ist der Pubertätsbeginn bei übergewichtigen Kindern verspätet. Auch die orthopädischen Komplikationen Genus valgus und Coxae varae werden relativ häufig beobachtet.

Die Theorie der "sensitive periode" in der Fettgewebsentwicklung beinhaltet, dass es bei einem Ueberangebot von Energieträgern ab der 30. Schwangerschaftswoche bis zum Ende des ersten

Lebensjahres zu einer irreversiblen Vermehrung der Fettzellen kommen kann. Ueberfütterung in dieser sensiblen Periode führt zur hyperplastischen Form der Adipositas, also zu einer Anreicherung des Fettgewebes durch Vermehrung der Fettzellen. Diese Art der Obesitas ist sehr therapieresistent und prognostisch ungünstig. Obwohl natürlich viele Kinder später ihre Uebergewichtigkeit verlieren, bleibt sie bei einem noch nicht genau bekannten Prozentsatz bestehen. Charney berichtete, dass 36% der Säuglinge, die mit 6 Monaten die 90er-Perzentile überschritten hatten, sich zu adipösen Erwachsenen entwickelten (13). Andere Autoren sprechen von 18%, die ihre Obesitas mit ins Erwachsenenalter nahmen (102). Aus methodischen Gründen ist diese Theorie der sensiblen Periode vorerst noch umstritten. Sie konnte allerdings auch nicht mit Sicherheit widerlegt werden.

Sind dicke Kinder intelligenter? Diese Frage beschäftigte vor allem die Laienpresse. Tatsächlich zeigten mehrere Untersuchungen, dass Hilfsschüler im Durchschnitt kleiner und leichter sind als Normalschüler. Es ist auch erwiesen, dass für eine normale Hirnentwicklung eine gewisse Mindestmenge an Energieträgern notwendig ist. Traurige Erfahrungen aus Entwicklungsländern lehrten, dass bei langandauerndem Energiemangel mit irreversiblen Störungen in der körperlichen, geistigen und seelischen Entwicklung der Kinder gerechnet werden muss. Ob dann überhöhte Kalorienzuführen zu einer besseren Reifung und Entwicklung des Gehirns beitragen, ist sehr unwahrscheinlich.

Es ist nicht einfach, sich ein genaues Bild über das Ausmass der Ueberfütterung der Säuglinge zu machen. Dies nicht zuletzt darum, weil viele Autoren bei der Beurteilung des Ernährungszustandes unterschiedliche Messgrössen herangezogen haben. Eine ausgeprägte Adipositas ist natürlich auch bei Säuglingen eine Blickdiagnose. In vielen Fällen ist die Beurteilung jedoch relativ schwierig. Die alleinige Angabe des Körpergewichtes ist wenig aussagekräftig. Mehr Aufschluss gibt das Verhältnis Körpergewicht zu Körperlänge. Für Maaser ist eine Adipositas nahezu gesichert, wenn das aktuelle Gewicht eine Längennorm um 20% überschreitet (87). Noch zuverlässiger wird die Beurteilung, wenn als zusätzliches Diagnostikum die subcutane Fettgewebsdicke an verschied-

denen Hautfalten gemessen wird. Neuerdings bestimmt man auch das Gesamtkörperkalium der Säuglinge und errechnet daraus den Körperdepotfettbestand.

5.2. RESULTATE UND DISKUSSION

A. Gewicht und Grösse unserer Säuglinge

Zur Beurteilung der Grössen- und Gewichtsverhältnisse unseres Kollektivs haben wir Praders Tabellen mit den Mittelwerten und deren Standardabweichungen verwendet (103). Abweichungen vom Mittelwert werden nicht in Zentimeter oder Gramm, sondern in Standardabweichungen angegeben. Es können so Probanden verschiedenen Geschlechts und verschiedenen Alters direkt verglichen werden. Als normal gelten Standardabweichungen, die nicht grösser als 2 sind. Unsere Säuglinge lagen mit Standardabweichungen von -0,09 für das Gewicht respektive -0,39 für die Länge weit im Normbereich. Das Durchschnittsgewicht der Säuglinge stimmte praktisch mit Praders Mittelwerten überein. In bezug auf die Länge lagen sie -0,39 Standardabweichungen unter dem Tabellenmittelwert. Für ihre Grösse waren unsere Säuglinge im Durchschnitt also etwas zu schwer. Für die Beurteilung von Länge und Gewicht eines einzelnen Kindes bieten sich nach wie vor die bewährten Perzentilenkurven an. Ein Vergleich dieser Kurven zeigte, dass bei 19 unserer Säuglinge das Gewicht ein oder mehrere Perzentilenkanäle höher lag als die Länge. Nur bei 7 Säuglingen lag die Längenperzentile über der Gewichtsperzentile. Insgesamt ergibt sich somit doch eine leicht gestörte Relation zwischen Körpergewicht und Länge.

B. Kriterien zur Beurteilung der von uns ermittelten Nährstoffzufuhr

Empfehlungen für die täglich nötigen Aufnahmen an Nährstoffen wurden von der WHO, vom amerikanischen Food and Nutrition Board (40), und von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) festgelegt. Da unsere Ernährungsgewohnheiten wohl eher mit denjenigen der Deutschen übereinstimmen, werden wir im Folgenden alle unsere Werte mit den Angaben der DGE vergleichen. Auf die amerikanischen

Empfehlungen werden wir nur bei grösseren Differenzen zurückgreifen. Auch beachtenswerte Empfehlungen von Einzelautoren und vergleichbare Daten aus anderen Erhebungen werden in die Tabellen der "effektiven und empfohlenen Zufuhren" aufgenommen.

C. Eiweissgehalt

Der Eiweissgehalt der Säuglingsnahrung wurde aus dem Stickstoffgehalt errechnet. Diesen bestimmten unsere Chemiker mit der nach Parnas und Wagner modifizierten Kjeldal-Methode (101).

Tab. 8: Effektive und empfohlene Zufuhren an Eiweiss

		Tageszufuhr in Gramm	Tageszufuhr in g pro kg Körpergewicht
Unsere Studie	$\bar{x}$	26	3,5
	Extrembereich	15 - 49	2,3 - 5,2
	SD $\pm$	6	0,7
Empfehlung DGE			2,2
Bei Säuglingen in der BRD			3,0 - 3,5

Die Art und Menge der zugeführten Eiweisse spielt vor allem bei Frühgeborenen und ganz jungen Säuglingen eine wichtige Rolle. Man geht davon aus, dass die Muttermilch für diese die optimale Ernährung darstellt. In der Frauenmilch ist das Eiweissangebot tief, aber punkto Aminosäurenmuster genauestens auf den Minimalbedarf des Säuglings abgestimmt (Tab. 13). Der Eiweissgehalt der Kuhmilch ist beträchtlich höher. Aus dem grösseren Eiweissumsatz fällt vermehrt Harnstoff an, die renale Molenlast wird höher, die noch unreife Konzentrierfähigkeit der Niere wird stark be-

lastet. Die Urinosmolarität, der Ammoniak- und Harnstoffspiegel im Blut sind bei kuhmilchernährten Frühgeborenen signifikant höher (106). Bei diesen Säuglingen tritt die "metabolische Neugeborenen-spätaacidose" entsprechend häufiger auf. Das Aminosäuren-muster der in der Kuhmilch enthaltenen Proteine ist für die Neugeborenen nicht optimal. Durch den hohen Kaseinanteil kann es zu einer transitorischen Hyperthyrosinaemie kommen, die bei Frühgeborenen eine Störung der psychomotorischen Entwicklung zur Folge haben kann (88). Im dritten Trimenon spielen die obigen Erwägungen praktisch keine Rolle mehr. Der genaue Eiweissbedarf in dieser Altersstufe ist noch nicht genau bekannt. Die Empfehlungen basieren mehr auf empirischen Annahmen als auf wissenschaftlich erhärteten Fakten und beinhalten eine beträchtliche Sicherheitsbreite. Mit einer täglichen Zufuhr von 3,5 Gramm pro Kilogramm Körpergewicht lagen unsere Säuglinge weit über den DGE-Empfehlungen (Tab. 8). Eiweisszufuhren dieser Höhe vermögen zwar den Intermediärstoffwechsel im dritten Trimenon nicht mehr nachteilig zu beeinflussen, bringen aber für die somatische und psychische Entwicklung des Säuglings keine Vorteile. Hohe Eiweisszufuhren sind in den westlichen Ueberflussgesellschaften typisch.

D. Kohlenhydratgehalt

Der Kohlenhydratgehalt wurde mit der Anthron-Methode bestimmt (9).

Die von uns ermittelten Kohlenhydratzufuhren lagen im oberen Grenzbereich der DGE-Empfehlungen, aber weit über denjenigen von Tönz. Die Diskussion dieses Faktums erfolgt im Unterabschnitt H.

Tab. 9: Effektive und empfohlene Kohlenhydratzufuhren

		Tageszufuhr in Gramm	Tageszufuhr in g pro kg Körpergewicht
Unsere Studie	$\bar{x}$	92	12
	Extrembereich	60 - 158	
	SD^+	18	
Empfehlung DGE*		67 - 93	
Empfehlung Tönz*		max. 78	
Bei Kleinkindern in der BRD			11,4

* Diese Empfehlungen werden von den Autoren in Prozenten der zugeführten Energie angegeben. Wir haben sie, ausgehend von der von uns ermittelten durchschnittlichen Kalorienzufuhr, in Gramm umgerechnet.

E. Gesamtfettgehalt

Der Fettgehalt wurde nach Vorbehandlung des Speisebreies mit Salzsäuren durch die sogenannte internationale Methode erfasst (64).

Nimmt man den Fettgehalt der Muttermilch als Referenzgrösse, so war die Fettzufuhr in unserer Studie niedrig (Tab. 13). Auch die diesbezüglichen Forderungen der DGE wurden bei weitem nicht erfüllt (Tab. 10). Eine Tageszufuhr von 20 Gramm darf zwar als bedarfsdeckend bezeichnet werden. In der Säuglingsperiode wird eine niedrige Fettversorgung aber in keiner Weise angestrebt. Fette sind nicht nur Energielieferanten, sondern werden auch für die Myelinisation und die Entwicklung des Nervensystems gebraucht. Mit den Fetten werden auch die fettlöslichen Vitamine und die essentiellen Fettsäuren aufgenommen.

Tab. 10: Effektive und empfohlene Fettzufuhren

		Tageszufuhr in Gramm
Unsere Studie	$\bar{x}$	20
	Extrembereich	11 - 27
	SD^+	4
Empfehlung DGE		25 - 36

F. Mehrfach ungesättigte Fettsäuren

Als Mass für die Zufuhr an Polyensäuren wurde die cis-cis Linolsäure bestimmt. Die Analysen wurden nach der enzymatischen Methode von Wharton durchgeführt (155).

Tab. 11: Zufuhren an mehrfach ungesättigten Fettsäuren

		Tageszufuhr in Gramm	Anteil an der Energieversorgung in Prozenten
Unsere Studie	$\bar{x}$	1,5	2,1
	Extrembereich	0,6 - 3,6	
	SD^+	0,7	
Empfehlung DGE		3	4,2
Noch bedarfs- deckend (69)		0,44	0,6

Bei dem niedrigen Fettgehalt der analysierten Nahrung erstaunt es somit nicht, dass auch die Zufuhr an mehrfach ungesättigten Fettsäuren mit 1,5 Gramm pro Tag deutlich unter den Empfehlungen lag (Tab. 11). Die Angaben der DGE orientieren sich am Polyensäuregehalt der Muttermilch. Gemäss amerikanischen Angaben sollen bei Zufuhren, die nur 0,6% der zugeführten Energie ausmachen, keine Mangelzustände wie z.B. Dermatitis aufgetreten sein (Tab. 11). Die von uns ermittelten Zufuhren sind also nicht als defizitär zu bezeichnen. Eine Erhöhung des Verzehrs wäre leicht möglich, wenn die Mütter zur Verfeinerung der Mittagsmahlzeit pflanzliche Fette anstelle von Butter verwenden würden. Rund zwei Drittel der Mütter gaben regelmässig Butter und nur 6% der Säuglinge erhielten Margarinen.

G. Gesamtkalorienzufuhr

Die Gesamtkalorienzufuhr wurde aus der Zufuhr der einzelnen Energieträger errechnet.

Tab. 12: Gesamtzufuhr an Energie

		Tageszufuhr in kcal	Tageszufuhr in Joule	Tageszufuhr in kcal pro kg Körpergewicht
Unsere Studie	$\bar{x}$	670	2800	88
	Extrembereich	448 - 1033	1876 - 4322	57 - 101
	SD $\pm$	93	390	10
Empfehlung der DGE				100 - 110
Empfehlung von Tönz				90 - 100
Erhebung bei Säuglingen in der BRD				90

Die Gesamtkalorienzufuhr unseres Kollektivs lag unter den Empfehlungen (Tab. 12). Die kalorische Vollwertigkeit der Nahrung während der Erhebungswoche überprüften wir mit Gewichtskontrollen. Als Faustregel gilt, dass Säuglinge im dritten Trimenon wöchentlich etwa 100 Gramm zunehmen sollten. Alle erfassten Säuglinge waren nach der Erhebungswoche schwerer; Zuwachsraten von 40-180 Gramm konnten verzeichnet werden. Der Energiegehalt der Nahrung war also sicher ausreichend.

H. Anteil der einzelnen Energieträger an der Gesamtkalorienzufuhr

Wir fanden eine Energieverteilung von 16% Eiweiss, 28% Fett und 56% Kohlenhydraten. Vor allem im Vergleich zur Muttermilch zeigte sich eine deutliche Verschiebung zugunsten der Kohlenhydrate (Tab. 13).

Tab. 13: Energieverteilung

	Kohlenhydrate	Fett	Eiweiss
Unsere Studie	56%	28%	16%
Muttermilch	41%	52%	7%
Kuhmilch	29%	49%	22%
2/3-Milch	55%	33%	12%

Im Vergleich zu den Empfehlungen von Tönz wurden unsere Säuglinge, die gesamthaft gesehen eine Tendenz zur Uebergewichtigkeit zeigten, knapp normokalorisch, fettarm, aber sehr kohlenhydratreich ernährt. Tönz vermutet, dass eine solche Konstellation zur Adipositas prädisponiert (142). Für ihn ist nicht eine hohe Fett- oder Gesamtkalorienzufuhr, sondern in erster Linie eine unphysiologisch hohe Kohlenhydratversorgung der massgebende Faktor bei der Entstehung einer kindlichen Uebergewichtigkeit. Unsere Ergeb-

nisse scheinen diese Vermutungen zu bestätigen. Die Resultate einer Erhebung aus der BRD weisen in gleicher Richtung. Dort wurden 1976 mittels Nährwerttabellen praktisch gleiche Werte für die prozentuale Energieverteilung und die Gesamtkalorienzufuhr errechnet (Tab. 12). Eine günstigere Energieverteilung sollte angestrebt werden. Tönz empfiehlt deshalb, nur noch solche Säuglingsnahrungspräparate zu verwenden, in denen der Kohlenhydratanteil maximal 50% der zugeführten Gesamtenergie ausmacht. In den sogenannten teiladaptierten Milchen ist dieser Grundsatz verwirklicht. Aus Unkenntnis stehen nicht wenig, vorwiegend ältere, Säuglingsfürsorgerinnen diesen Präparaten ablehnend gegenüber. Eines angeblich besseren Sättigungseffektes wegen empfehlen sie weiterhin die kohlenhydratreichen "zwei Drittel-Milchen". Es wird dabei oft übersehen, dass auch in den teiladaptierten Präparaten ein sättigendes "zweites Kohlenhydrat" in Form von Reis- oder Maischleim enthalten ist. Zudem sollte bei der Auswahl der Säuglingsnahrung die Dauer des Sättigungseffektes beileibe nicht wichtigstes Kriterium sein. Eine diesbezügliche Einflussnahme der Pädia-ter scheint nur beschränkt möglich. Sie werden in Ernährungsfragen, im Gegensatz zu den Säuglingsfürsorgestellten, relativ selten um Rat angegangen (63). Vielleicht ist dies mit ein Grund, warum auch in unserer Studie nur 11,5% der Morgen- und 14% der Abendmahlzeiten als teiladaptierte Milchen verabreicht wurden (Tab. 1, Tab. 6).

Die häufig verabreichten zu süßen Früchtequarks und Früchteyoghurts sind für die hohen Kohlenhydratzufuhren mitverantwortlich (Tab. 5). Eine häufigere Verabreichung eines dosiert gesüßten, selbsthergestellten Breis aus Naturequark resp. Natureyoghurt und Frischfrüchten wäre wünschenswert.

6. N A T R I U M - , K A L I U M - U N D W A S S E R - Z U F U H R

6.1. ALLGEMEINE BEMERKUNGEN

Es ist bekannt, dass die essentiellen Mineralstoffe Natrium und Kalium dem künstlich ernährten Säugling reichlich zugeführt werden. Die Kuhmilch enthält ja 3mal mehr Natrium als die Muttermilch, und auch in den teilweise angeglichenen industriellen Säuglingspräparaten ist der Mineralstoffgehalt hoch. Ein gewisses Ueberangebot wird deshalb als praktisch "physiologisch" erachtet. Von grosser Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Frage, ob eine massive, chronische Ueberladung des Organismus mit Mineralstoffen unerwünschte Effekte haben könnte, sei es sofort oder erst nach längerer Zeit. Im Zentrum des Interesses steht die Relation zwischen Kochsalzaufnahme und Hypertonie.

Im Netz der blutdruckregulierenden Faktoren ist die Rolle des Natriums im allgemeinen anerkannt, und sie findet in klinischen Beobachtungen, Tierexperimenten und epidemiologischen Studien Bestätigung. Eindrückliche Untersuchungen an Ratten haben gezeigt, dass frühe Kochsalzbelastung eine spätere Hypertonie zur Folge haben kann (2). Für den Menschen ist ein solcher Zusammenhang zwar noch nicht endgültig bewiesen. Allerdings scheint, zumindest bei einem Teil der Fälle, eine hohe Natriumzufuhr im Säuglingsalter die spätere Entwicklung einer Hypertonie zu begünstigen (162). Verschiedene Autoren weisen auch darauf hin, dass durch ständigen Gebrauch eine Gewohnheit des reichlichen Salzens der Nahrung entstehen kann (46, 52). Durch andauerndes Uebersalzen wird die Salzempfindlichkeit der Geschmacksknospen herabgesetzt, so dass für einen gleichbleibenden Würzeffekt immer höhere Kochsalzmengen erforderlich sind. Es ist auch nachgewiesen, dass Säuglinge, zumindest im ersten Lebenshalbjahr, überschüssig zugeführtes Natrium erheblich langsamer über die Nieren auszuscheiden vermögen als Erwachsene. Insgesamt gibt es also genügend Gründe für eine sparsame Kochsalzverwendung im Säuglingsalter.

Der minimale Bedarf an Natrium und Kalium kann nur annähernd

angegeben werden. Prinzipiell lässt sich dieser durch die Erfordernisse des Wachstums und die obligaten Verluste durch Urin, Stuhl und Haut errechnen. Aber gerade die genauen Hautverluste sind relativ schwierig und nur mit grossem Aufwand bestimmbar. Für ein normales Gedeihen im ersten Lebensjahr gibt die DGE einen Natriumbedarf von 100 - 300 mg und einen Kaliumbedarf von 300 - 1000 mg pro Tag an. In diesen Werten ist eine breite Sicherheitsmarge enthalten (Tab. 14, Tab. 15).

Der Wasserhaushalt wird im wesentlichen durch drei Faktoren bestimmt: durch das Volumen der zugeführten Nahrung, durch die extrarenalen Flüssigkeitsverluste und die Konzentrationsfähigkeit der Niere. Beim Säugling ist dieses Gleichgewicht sehr störungsanfällig, vor allem weil das Verhältnis "extrazelluläres zu intrazellulärem Flüssigkeitsvolumen" ein praktisch umgekehrtes ist als beim Erwachsenen. Dieses Verhältnis beträgt beim Säugling 45:35. Während der Entwicklung zum Kleinkind ändert es sich dann zugunsten des Intrazellulärvolumens auf etwa 20:40. Für das Tolerieren einer Dehydratation spielt dieses Verhältnis eine wichtige Rolle. Bei Wasserverlusten wird zuerst das Extrazellulärvolumen vermindert. Ein Ausgleich erfolgt durch die intrazellulären Reserven. Diese sind beim Säugling aber nur halb so gross wie beim Erwachsenen - der Wasserhaushalt entgleist dementsprechend beträchtlich früher. Die Wichtigkeit einer genügenden Versorgung mit Wasser wird auch durch folgende Punkte unterschieden: Beim Erwachsenen wird etwa 3-6% seines Gesamtwasserbestandes täglich bewegt. Dieser Wasserwechsel beträgt beim Säugling aber 25% seines Gesamtwassers. Die Konzentrationsfähigkeit einer Säuglingsniere entspricht nicht derjenigen einer Niere eines Erwachsenen. Um eine grosse renale Molenlast auszuschcheiden, braucht der Säugling somit eine höhere Zufuhr an Wasser. Die DGE gibt einen täglichen Bedarf von 120-145 ml Wasser pro kg Körpergewicht an (Tab. 16).

6.2. RESULTATE

Der Natrium- und Kaliumgehalt wurde nach der Veraschung mit einem Flammenphotometer bestimmt.

Tab. 14: Natrium- und Kochsalzzufuhr

		Natriumzufuhr pro Tag in mg	Kochsalzzufuhr pro Tag in mg	Kochsalzzufuhr pro kg Körper- gewicht in g
Unsere Studie	$\bar{x}$	430	1,1	0,14
	Extrembereich	180 - 830	0,5 - 2,1	
	SD^+	150	0,4	
Empfehlung der DGE		100 - 300		
Erhebung bei Kleinkindern in der BRD		1700	4,3	
Erhebung in Schweizer Rekrutenschulen		5124	13	0,18

Tab. 15: Kaliumzufuhr

		Kaliumzufuhr in mg pro Tag
Unsere Studie	$\bar{x}$	1400
	Extrembereich	760 - 1810
	SD^+	240
Empfehlung DGE		300 - 1000

Tab. 16: Wasserzufuhr

		Wasserzufuhr in ml pro kg Körpergewicht
Unsere Studie	$\bar{x}$	101
	Extrembereich	69 - 147
	SD^+	16
Empfehlung DGE		120 - 145
Empfehlung Tönz		110 - 140

6.3. DISKUSSION

Eine proteinreiche Kost ist im allgemeinen auch reich an Mineralstoffen. Diese Gesetzmässigkeit fanden wir auch in unserer Studie bestätigt. Der Gehalt an Natrium überstieg mit 430 mg pro Tag die wünschenswerte Zufuhr beträchtlich (Tab. 14). Bei vier Fünfteln der Säuglinge lag der Salzkonsum über den Empfehlungen. Erhebungen bei Kleinkindern und in schweizerischen Rekrutenschulen zeigten (Tab. 14), dass die Natriumüberladung ein Problem der Gesamtbevölkerung ist. Vergleicht man unsere Werte mit denen, die in den Rekrutenschulen ermittelt wurden, so ergibt sich bei der Salzzufuhr pro kg Körpergewicht in etwa Uebereinstimmung. Wegen der oben erwähnten möglichen Korrelation zwischen Kochsalzaufnahme im Säuglingsalter und Hypertonieentwicklung geben diese Resultate zu Bedenken Anlass.

Als Hauptgrund für diese auch andernorts gefundene Natrium-übersversorgung nimmt man an, dass die Mütter die natürlicherweise "fade" Säuglingsnahrung ihrem Geschmacksempfinden angleichen und sie darum würzen. Auch die industriell hergestellte Säuglingskost wird vor allem als Zugeständnis an die Geschmacksbedürfnisse

der Mütter zusätzlich mit Kochsalz versehen. Die Säuglinge brauchen dieses Salz nicht. Auch konnte überzeugend gezeigt werden, dass sie Mahlzeiten mit und ohne Salzzusatz gleich gut essen (43.)

In dieser frühen Gewöhnung an natriumreiche Kost liegt möglicherweise die Tatsache begründet, dass des Menschen Appetit auf Salz nachher ständig seinen physiologischen Bedarf übersteigt.

Amerikanische Autoren wiesen 1966 erstmals auf einen massiv überhöhten Natriumkonsum im Säuglingsalter hin. Sie ermittelten bei 12 Monate alten Säuglingen eine durchschnittliche Zufuhr von 1380 mg täglich (104). Unsere Werte liegen immerhin 3mal tiefer. Dies unter anderem darum, weil die diätetische Nahrungsmittelindustrie die Problematik erkannt hat und den Salzgehalt der Säuglingskost etwas gesenkt hat. Obwohl wir in der Schweiz einen sinkenden mittleren Kochsalzkonsum beobachten können (112), haben sich Empfehlungen zur sparsamen Verwendung des Salzes in der Säuglingsnahrung bei den Müttern offensichtlich nicht durchgesetzt. Rund ein Drittel der an der Studie beteiligten Mütter würzten die Gemüsemahlzeiten regelmässig. Die meisten hatten zudem noch nie etwas von den möglichen Nachteilen einer natriumreichen Kost im Säuglingsalter gehört. Nur in ganz wenigen Regionen der Schweiz geben die Säuglingsberatungsstellen eine diesbezügliche Informationsschrift ab. Eine Einschränkung der Kochsalzzufuhr könnte darum sicher durch eine breit angelegte Aufklärungskampagne erreicht werden. Bestimmt würden dann auch die Hersteller von Säuglingskost vermehrt wagen, die Produkte ganz den Bedürfnissen der Säuglinge und nicht mehr denjenigen der Mütter anzugleichen.

Wie erwartet, lag die Kaliumversorgung mit 1400 mg täglich weit über dem Bedarf (Tab. 15). Es fragt sich, ob Zufuhren dieser Höhe nicht eine unnötige, zusätzliche Belastung für die Säuglingsnieren darstellen.

Mit einer durchschnittlichen Wasserzufuhr von 101 ml pro kg Körpergewicht und Tag lagen unsere Säuglinge deutlich unter den anerkannten Idealwerten (Tab. 16): 46 Säuglinge befanden sich unter den DGE-Empfehlungen, 38 unter denjenigen von Tönz. Bedenkt man zudem, dass unsere Säuglinge durch die hohe Eiweiss- und Mineralstoffzufuhr eine recht grosse renale Molenlast zu bewältigen hatten, so taucht die Frage auf, ob sich unsere Säuglinge immer

am Rande einer Dekompensation ihres Wasserhaushaltes befunden haben. Schon rein klinisch konnte dieser Verdacht beseitigt werden. Unsere Säuglinge waren gesund und zeigten keine Symptome einer hypernatraemischen Exsikose. Nach einem Modell von Ziegler (162), mit dem die renale Molenlast mit einfachen Mitteln grob abgeschätzt werden kann, errechneten wir für unsere Studie eine durchschnittliche Harnkonzentration von 440 mOsm/l. Säuglinge im dritten Trimenon können ihren Urin sicher bis 700 mOsm/l konzentrieren, die meisten sogar bis 1100 mOsm/l. Auch wenn man alle Unsicherheiten berücksichtigt, mit denen die von uns errechnete Molenlast behaftet ist, so kann man doch sagen, dass die von uns erfassten Säuglinge weit von einer Entgleisung des Wasserhaushaltes entfernt waren. Die Empfehlungen für die nötigen Wasserzufuhren scheinen also deutlich über dem Bedarf zu liegen. Es bestätigt sich die alte Regel, dass bei genügender Versorgung mit allen Nährstoffen auch die genügende Versorgung mit Wasser sichergestellt ist.

7. M A G N E S I U M Z U F U H R

7.1. ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Auch Magnesium ist ein essentieller Nahrungsbestandteil. Es aktiviert die Enzyme des glykolytischen Systems und alle ATP-abhängigen Reaktionen und spielt als Faktor für die neuromuskuläre Erregbarkeit eine wichtige Rolle.

Neugeborene haben einen Magnesiumvorrat von 170-240 mg pro kg Körpergewicht (7). Mehr als die Hälfte davon sind im Knochen gebunden. Nur knapp 1% ist auf die extrazelluläre Flüssigkeit verteilt. Der Rest befindet sich im Intrazellulärraum; neben Kalium ist Magnesium das wichtigste intrazelluläre Kation.

Relativ wenig ist über die genaue intestinalen Resorptionsvorgänge bekannt. Das Verhältnis der Konzentration von Magnesium zu denen von Kalzium oder Phosphor in der zugeführten Nahrung scheint die Resorptionsquote beeinflussen zu können (57). In der Frauenmilch ist dieses Verhältnis ein deutlich anderes - und scheinbar günstigeres - als in der Kuhmilch und den üblichen Säuglingsmilchen. Es ist aber fraglich, ob diese Hypothese ernährungsphysiologisch relevant ist. Jedenfalls treten bei sonst gesunden Kindern unter Kuhmilch- oder Säuglingsmilchernährung keine Magnesiummangelzustände auf. Ueberhaupt wird ein rein alimentärer Mangel beim Menschen als unwahrscheinlich erachtet, auch wenn in gewissen Regionen eine Unterversorgung von Boden und Wasser mit Magnesium sehr wohl möglich ist (19). Untersuchungen im experimentellen Magnesiummangel zeigten, dass ein Magnesiumdefizit stets mit anderen Elektrolytstörungen vergesellschaftet ist (19). Nicht selten treten gleichsinnige Veränderungen im Kalium- oder Kalziumhaushalt auf. Das klinische Bild wird so verwischt. Im Säuglingsalter kommen Störungen des Magnesiumstoffwechsels vor allem bei Frühgeborenen, Mangelgeburten und Neugeborenen diabetischer Mütter vor. Bei Behandlung einer Schwangerschaftstoxikose mit Magnesiumsulfat in den letzten 24 Stunden präpartal oder bei schwer asphyktischen oder acidotischen Neugeborenen können Hypermagnesiaemien auftreten. Klinisch zeigt sich dies in Hypotonie, Hyporeflexie

und Bradykardie. Hypomagnesiaemische Zustände bei Frischgeborenen können sich durch Krampfanfälle äussern. Ursächlich kommt dann vor allem eine pränatale Mangelernährung in Betracht.

In Tierversuchen ergaben schon subklinische Magnesiummangelzustände eine Abhängigkeit von Häufigkeit und Schweregrad der Artherosklerose (59).

7.2. RESULTATE

Die Bestimmung des Magnesiums erfolgte mittels Atomabsorptions-spektrophotometrie; die Messungen wurden in einer Luft-Acetylenflamme durchgeführt.

Tab. 17: Magnesiumzufuhr

		Magnesiumzufuhr in mg pro Tag
Unsere Studie	$\bar{x}$	118
	Extrembereich	61 - 207
	SD^+	31
Empfehlung DGE		120
Empfehlung WHO		40 - 70
Mindestbedarf n. Bergmann (7)		20

7.3. DISKUSSION

Die Vorstellungen über den erforderlichen Magnesiumbedarf im Säuglingsalter sind uneinheitlich. Nach Fomon sollte ein Säugling im ersten Lebensjahr täglich 4 mg Magnesium resorbieren (41). Seine Bilanzuntersuchungen ergaben durchschnittliche Resorptions-

quoten von etwa 20%. Allerdings zeigten seine Werte eine grosse Streubreite. Trotzdem kann man so grob die täglich nötige Magnesiumzufuhr auf 20 mg schätzen (7). Da aber im Verlaufe des ersten Lebensjahres eine Verdreifachung des Geburtsgewichtes erfolgt, erscheint Bergmann eine Bedarfsangabe pro Kilogramm Körpergewicht sinnvoll. Er errechnete anhand des Durchschnittsgewichtes des "male reference infant" (42) eine täglich nötige Magnesiumzufuhr von 2,6 mg pro kg Körpergewicht (7). Unsere Kinder hatten ein Durchschnittsgewicht von 7,6 kg. Pro Tag sollten sie nach Bergmann also mindestens 20 mg Magnesium zugeführt bekommen. Bei voll gestillten Kindern treten keine Magnesiummangelzustände auf. Darum legt die WHO ihren Empfehlungen den Magnesiumgehalt der Muttermilch zugrunde (Tab. 17, 158). Wesentlich höher liegen die Empfehlungen von Tsang (149). Aufgrund seiner Bilanzstudien erachtet er 10-20 mg pro kg Körpergewicht als notwendig. Für unsere Säuglinge würde das durchschnittliche Tageszuführen von 75-150 mg bedingen. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung empfiehlt im zweiten Lebenshalbjahr einen Magnesiumkonsum von 120 mg täglich. Dieser Wert gründet darauf, dass unter einer üblichen Säuglingskost, aus der mittels Nährwerttabellen der Magnesiumgehalt bestimmt wurde, keine Mangelzustände aufgetreten sind.

Mit durchschnittlichen Zuführen von 118 mg pro Tag lagen unsere Säuglinge ganz knapp unter den DGE-Empfehlungen, aber weit über den Werten, die von der WHO noch als bedarfsdeckend bezeichnet werden (Tab. 17). Eine genügende Versorgung mit Magnesium war bei unseren Säuglingen sicher gewährleistet. Somit scheint das Problem, ob ein subklinischer Mangelzustand beim Menschen einen Einfluss auf die spätere Entwicklung einer Artherosklerose haben könnte, zumindest für gesunde Säuglinge in unseren Breitengraden von wenig praktischer Bedeutung zu sein. Die von uns ermittelten durchschnittlichen Magnesiumzuführen liegen sechs mal höher als die Menge, die Bergmann aufgrund seiner Schätzungen anhand der Bilanzuntersuchungen für nötig erachtet. Ob sich Zuführen dieser Höhe nachteilig auf den Organismus auswirken, ist nicht bekannt. Allerdings weiss man, dass bei Magnesiumbelastungstests, die zur Diagnostizierung eines subklinischen Magnesiummangels durchgeführt werden, überschüssiges Magnesium schnell über die Nieren ausgeschieden wird (141).

8. KALZIUM - UND PHOSPHORZUFUHR

8.1. ALLGEMEINE BEMERKUNGEN

Die Kalziumresorption erfolgt im gesamten Dünndarm und im proximalen Dickdarm. Sie wird durch einen aktiven Transportmechanismus bewerkstelligt, der in erster Linie durch Vitamin D- und in kleinerem Umfang durch Parathormon - gesteuert wird. Die Aufnahme ist direkt abhängig von der angebotenen Menge Kalzium; die prozentuale Resorption nimmt mit steigendem Kalziumgehalt der Nahrung zwar ab, die absolut aufgenommene Menge steigt aber kontinuierlich. Ab einer gewissen Kalziumkonzentration der Nahrung kann die Resorption sogar durch Diffusion erfolgen (109).

Zahlreiche Faktoren vermögen die Kalziumabsorption zu beeinflussen. Schon bei Gesunden unterliegt sie beträchtlichen individuellen Schwankungen. Nur das in ionisierter Form vorliegende Kalzium kann retiniert werden. Durch die Magensalzsäure werden zahlreiche Kalziumverbindungen erst dissoziiert; Kalziummangelzustände bei Anazidität des Magens werden so verständlich. Von den Faktoren, die die Höhe der Resorption beeinflussen, ist Vitamin D der wichtigste. Als resorptionsfördernde Substanzen gelten Citrat und Vitamin C (109). Cortisol und eine hohe Konzentration von nicht resorbierten Fettsäuren - wie beispielsweise bei einem Malabsorptionssyndrom - vermindern die Kalziumaufnahme. Gleichzeitige Anwesenheit grosser Mengen von Oxalaten (aus Spinat, Rhabarber und Kakao), Phosphaten und Phytaten führen ebenfalls zu einer schlechteren Kalziumausnutzung; bei genügend hoher Versorgung mit Vitamin D soll dieser Effekt allerdings nur vorübergehend zu beobachten sein (30). Eine Erhöhung des Fettgehaltes in den Säuglingsmilchen wirkte sich nachteilig auf die Kalziumausnutzung aus. Droese konnte auch zeigen, dass die Kalziumresorption beim Säugling von der Art des verabreichten Fettes abhängt (27). Wurde die Kuhmilch mit Butter angereichert, war die Ausnutzung deutlich schlechter als bei Milchen, die mit Keimölen versehen waren. Die Kalziumabsorption kann auch durch Fieberzustände erheblich beeinträchtigt werden (30). Für die ersten 4 Lebenswochen

errechnete Droese eine Kalziumausnutzung von 5-25%; ältere Säuglinge sollen bereits 30-45% des angebotenen Kalziums verwerten können (30).

Die Phosphorresorption erfolgt in Form von anorganischem Phosphat: Die Resorptionsquote beträgt etwa 70%. Elemente, die schwerlösliche Phosphatsalze liefern - wie z.B. Al^{+++} -, hemmen die Phosphataufnahme.

Ob der Unterschied im Quotienten Ca : P in der FM und der KM für das bei künstlich ernährten Kindern häufigere Auftreten der Rachitis verantwortlich ist, wurde in Kinderärztkreisen immer wieder diskutiert (Tab. 20). Erwiesenermassen hemmen hohe Phosphatzufuhren ja die Kalziumaufnahme. Man vermutete darum, dass die phosphatreichere KM der Entstehung einer Rachitis Vorschub leisten könnte. Es konnte nun gezeigt werden, dass diesem Quotienten - eine genügende Vitamin D-Versorgung vorausgesetzt - keine Bedeutung bei der Rachitisentwicklung beigemessen werden muss (30).

8.2. RESULTATE

Tab. 18: Calciumzufuhr

		Tageszufuhr in mg
Unsere Studie	$\bar{x}$	730
	Extrembereich	450 - 1050
	SD^+	130
Empfehlung DGE		500
Bei Kleinkindern in der BRD		600

Nach der Veraschung wurde Kalzium durch Fällung mit Ammoniumoxalat und anschliessender Titration mit Kaliumpermanganatlösung bestimmt.

Der Phosphatgehalt wurde spektrometrisch als Phosphormolybdänblau ermittelt.

Tab. 19: Phosphorzufuhr

		Tageszufuhr in mg
Unsere Studie	$\bar{x}$	620
	Extrembereich	405 - 920
	SD^+	109
Empfehlung DGE		120 - 400
Bei Kleinkindern (2-3 J.) BRD		700

Tab. 20: Ca : P - Quotient

	Ca : P - Quotient
Unsere Studie	1,18
Empfehlung der Food and Nutrition Board, USA	1,35
Frauenmilch	2,0
Kuhmilch	1,3
Bei Kleinkindern, BRD	0,78

8.3. DISKUSSION

Trotz vieler wissenschaftlicher Arbeiten, die sich eingehend mit der Problematik des Kalziumbedarfes auseinandersetzen, ist die Frage nach der Höhe der optimalen täglichen Kalziumzufuhr beim künstlich ernährten Säugling noch nicht mit befriedigender Sicherheit geklärt (27, 30, 109). Beim gesunden, voll gestillten Säugling treten keine Kalziummangelzustände auf. Obwohl der Kalziumgehalt der KM 3mal höher liegt als in der FM, wird Kalzium aus der FM zu einem beträchtlich höheren Prozentsatz absorbiert (143). Wahrscheinlich hängt das mit der schlechteren Fettresorption aus der KM und dem viel höheren Phosphatgehalt der KM zusammen. Die Kalziumzufuhren beim gestillten Säugling können also nicht vorbehaltlos als Referenzgrösse für den künstlich ernährten Säugling herangezogen werden.

Aus verschiedenen vorliegenden Untersuchungen lässt sich schätzen, dass der Gesamtkalziumbestand des Neugeborenen etwa 25 Gramm und derjenige eines 20jährigen Erwachsenen etwa 1000 Gramm beträgt (30). Um auf diesen Bestand zu kommen, müssten täglich 130 mg Kalzium retiniert werden. Bei einer Ausnutzung von 20-40% des zugeführten Kalziums (25) wäre eine tägliche Zufuhr von etwa 325-650 mg nötig. Eine solch vereinfachte Bedarfsberechnung gibt natürlich nur einen groben Anhaltspunkt für den wirklichen Bedarf. Vor allem bleibt unberücksichtigt, dass die Kalziumretention in den einzelnen Abschnitten des Wachstums variiert (30). Genaue und repräsentative Daten über den Kalziumgehalt des Organismus in den einzelnen Altersstufen sind sehr spärlich oder gar nicht vorhanden. Solange solche Daten nicht in aussagekräftiger Form vorliegen, kann nach Droese der Kalziumbedarf in einzelnen Wachstumsphasen nicht mit Bestimmtheit festgelegt werden. Häufiger als durch direkte Kalziumbestimmungen des Körpers wurde versucht, durch indirekte Bestimmungsmethoden dem genauen Kalziumbedarf näherzukommen. Garn errechnete über die Gewichtsentwicklung des menschlichen Skelettes von Geburt bis zum hohen Alter eine durchschnittlich täglich nötige Kalziumretention von 83 mg im ersten Lebensjahr (45). Andere Autoren schätzten auf Grund ihrer Bilanzuntersuchungen den Gesamtkalziumgehalt bei Einjährigen auf 1000 Gramm. Somit müssten im ersten Lebensjahr täglich

200 mg Kalzium retiniert werden (44). Mit diesen - relativ breit gestreuten - Retentionswerten können aber keine verlässlichen Rückschlüsse auf die Höhe der nötigen Kalziumzufuhr gemacht werden. Wie Droese u.a. Autoren zeigen konnten, sind die Faktoren, die die Kalziumresorptionsquote beeinflussen können, zu vielfältig (Kap. 8.1.). Empfehlungen müssen darum einen grosszügigen Sicherheitszuschlag enthalten. Die DGE hält eine Zufuhr von 500 mg pro Tag als wünschenswert. Unter Zufuhren dieser Höhe traten bei gesunden Säuglingen keine Mangelercheinungen auf. Mit durchschnittlich 730 mg Kalzium täglich lagen unsere Säuglinge deutlich über den DGE-Empfehlungen und auch deutlich über den Zufuhren, die bei 2-3jährigen Kleinkindern in der BRD bestimmt wurden (133, Tab. 18). Die Kalziumversorgung kann somit sicher als bedarfsdeckend bezeichnet werden. Die grössere Kalziumaufnahme unserer Säuglinge im Vergleich zu den deutschen Kleinkindern ist in erster Linie auf den grösseren Milchverzehr zurückzuführen. Ein weiterer Faktor mag den Durchschnittswert in unserer Studie etwas erhöht haben: Rund ein Drittel der beteiligten Säuglinge stammte aus den Gemeinden Urdorf, Schlieren und Dietikon. Dort ist das Wasser bekannterweise sehr kalziumcarbonatreich. Und Wasser wurde ja häufig zum Anrühren der Breie und zum Verdünnen der Milch verwendet.

In der durchgesehenen Literatur fanden wir keine Angaben, ab welcher Höhe Kalziumzufuhren nachteilige Auswirkungen auf den Säuglingsintermediärstoffwechsel haben könnten. Diese Bedenken sind ja nicht ganz unbegründet, wenn man berücksichtigt, dass bei sehr hohem Kalziumangebot die Resorption auch durch passive Diffusion erfolgen kann. Bei Erwachsenen können Tageszufuhren von über 3 Gramm bei gleichzeitiger Einnahme alkalinisierender Substanzen zu einem Hyperkalzaemiesyndrom führen (Milch-Alkali-Syndrom). Immerhin können wir sagen, dass auch bei einer Aufnahme von 1050 mg pro Tag (= höchster Einzelwert der Studie, Tab. 18) beim betreffenden Säugling keinerlei Hyperkalzaemiesymptome auftraten.

Die Phosphatversorgung des Säuglings erscheint allgemein als wenig problematisch. Der Bedarf wird in erster Linie mit proteinreichen Nahrungsmitteln gedeckt. Ist die ausreichende Versorgung

mit Proteinen gewährleistet, so ist auch die Phosphatzufuhr genügend (30). Eine bedarfsdeckende Kalziumversorgung lässt ebenfalls auf eine zufriedenstellende Phosphatzufuhr schliessen. In unserer Studie fanden wir diese Gesetzmässigkeit bestätigt. Mit durchschnittlichen Zufuhren von 620 mg lagen unsere Säuglinge weit über den Empfehlungen (Tab. 19).

Der Ca : P - Quotient in der Nahrung gibt einen Hinweis über das Verhältnis der Zufuhr von Milch gegenüber anderen Lebensmitteln. Das Brustkind hat in seiner Nahrung einen C : P - Quotienten von 2,0, der rein kuhmilchernährte Säugling hätte einen solchen von 1,3. In dem Masse, in welchem der Milchverbrauch gegenüber anderen Nahrungsmitteln in einer Gemischtkost zurückgeht, nimmt auch der Ca : P - Quotient ab. Droese ermittelte aus Kleinkinderkost einen Quotienten von 0,78 (133). Der von uns errechnete Quotient von 1,18 bestätigt die Zwischenstellung der Säuglingskost im dritten Trimenon. Sie entspricht nicht mehr einer reinen Milchernährung, unterscheidet sich aber noch deutlich von der Kleinkinderkost (Tab. 20).

9. E I S E N Z U F U H R

9.1. SAEUGLINGSSPEZIFISCHE PROBLEME DES EISENSTOFFWECHSELS

Der Eisengehalt des Foeten nimmt in den letzten Schwangerschaftsmonaten proportional dem Körpergewicht zu. Ein Frühgeborenes ist also auch punkto Eisengehalt in einer schlechteren Ausgangslage und benötigt eine spezielle diesbezügliche Ueberwachung. Interessanterweise wirkt sich ein mütterlicher Eisenmangel kaum beeinträchtigend auf den Eisenstoffwechsel des Foeten aus. Ein Vergleich der Haemoglobinkonzentration von Neugeborenen anaemischer und gesunder Mütter erbrachte keine signifikanten Unterschiede. Auch im Verlaufe des gesamten ersten Lebensjahres sollen bei diesen Säuglingen keine augenfälligen Differenzen des Hb-Wertes aufgetreten sein (24). Bezogen auf das Körpergewicht ist der Gesamteisengehalt beim Säugling deutlich höher als beim Erwachsenen. Dies vor allem als Folge der hohen Haemoglobinkonzentration. In der postnatalen Phase kommt es dann zu einem raschen Abbau des Haemoglobinüberhanges. Das freiwerdende Eisen wird in die Depots eingelagert. Gegen Ende des zweiten Lebensmonats ist der Gehalt an Speichereisen so hoch wie nachher nie mehr. Mit diesen, von der Mutter stammenden Reserven ist dann der reifgeborene, gesunde Säugling bis gegen Ende des zweiten Trimenons in bezug auf seinen Eisenstoffwechsel autark. In einer Zeit der vorwiegenden Milchernährung ist das sinnvoll. Milch ist ja der Prototyp eines eisenarmen Nahrungsmittels. Die deutliche Zunahme von Körpergrösse und Körpergewicht im ersten Lebensjahr bedingt auch einen massiven Zuwachs im Gesamtkörpereisen und bringt somit eine starke Belastung des Eisenstoffwechsels mit sich. Dies um so mehr, als auch der allmähliche Uebergang von der Milchnahrung zur Gemischtkost keine deutliche Steigerung der Eisenzufuhr bietet.

Die verschiedenen Parameter zur Bestimmung eines Eisenmangels (Abb. 4) wurde von verschiedenen Autoren für die einzelnen Altersstufen bestimmt und in Alterskurven aufgezeichnet. Schäfer fand den mittleren Haemoglobingehalt ($=Hb_g$) und das mittlere Erythrocytenvolumen ($=MCV$) im zweiten und dritten Lebenshalbjahr im

Durchschnitt tiefer als bei älteren Kindern und Erwachsenen (110).

Abb. 4: Graduierung der Eisenmangelzustände

Prälatenter Eisenmangel:	- Speichereisen vermindert - Serumferritin vermindert - Erhöhte intestinale Eisenresorption
Latenter Eisenmangel :	- Totale Eisenbindungskapazität erhöht - Serumeisen vermindert - Transferrinsättigung vermindert - + obige Parameter
Manifester Eisenmangel :	- Hypochrome, mikrocytäre Anaemie (Hb unter 11 mg %) - Serumferritin unter 10-12 $\mu\text{g/l}$ - Transferrinsättigung unter 10%

Im dritten Trimenon wurde auch ein durchschnittliches Absinken des Plasmaeisens auf etwa 70 $\mu\text{g} \%$ und ein Ansteigen der totalen Eisenbindungskapazität auf über 400 $\mu\text{g} \%$ festgestellt. Die Transferrinsättigung lag in diesen Arbeiten unter 20% (84). Untersuchungen mit radioaktiv markiertem Eisen an Säuglingen und Kleinkindern ergaben für das zweite Lebenshalbjahr eine deutliche Verminderung der Eisenspeicher im Knochenmark und eine beträchtliche Erhöhung der Eisenresorptionsquote (47,110). Die Bestimmung des Serumferritins erlaubt ohne invasive Methode die Beurteilung der Eisendepots. Eine von Siimes aufgestellte Alterskurve des Serumferritins zeigt zu Beginn des 2. Lebenshalbjahr ein signifikantes Absinken (119). Diese - im Vergleich mit anderen Altersstufen - eindeutig positiven Anaemiekriterien finden in Fachkreisen unterschiedliche Würdigung. Die einen betrachten es als physiologisches wachstums- und entwicklungsbedingtes Phänomen, das man zur Kenntnis nehmen soll, aber nicht überbewerten darf. Die Mehrzahl der Autoren (110) verweist auf die heute allgemein anerkannte dreistufige Graduierung des Eisenmangels (Abb. 4). Nach diesen Kriterien liegt im zweiten und dritten Lebenshalbjahr eine eindeutige Bereitschaft zur Anaemie vor. Eine Normalisierung eines Eisenmangelparameters unter Substitutionstherapie kann zu einer retrospektiven Bestätigung der Diagnose benützt

werden. Schäfer konnte zeigen, dass durch eine Eisenprophylaxe die Eisenresorptionsrate bei Säuglingen und Kleinkindern um mehr als die Hälfte gesenkt werden konnte (110). Die erhöhte Resorption in dieser Altersstufe scheint also nicht nur entwicklungsbedingt zu sein.

Diese prälatente oder latente Mangelsituation wird durch die routinemässige Haemoglobinbestimmung im Alter von drei Monaten und einem Jahr nicht aufgedeckt; erst der manifeste Eisenmangel schlägt sich im peripheren Blutbild nieder (Abb. 4). Für die Bestimmung weiterer Parameter, wie Serumeisen und totale Eisenbindungskapazität, bräuchte man aber Venenblut. Wegen des subcutanen Fettpolsters findet man bei Säuglingen selten eine Cubitalvene, man müsste also die Halsvene punktieren. Aus psychologischen (Mutter) und organisatorischen Gründen ist darum eine routinemässige Venenblutentnahme in der Kinderarztpraxis nicht durchführbar.

Auch der manifeste Eisenmangel ist nicht selten und zeigt einen Häufigkeitsgipfel im Alter von 1/2 bis 2 Jahren. In Amerika ist die Eisenmangelanaemie die häufigste ernährungsbedingte Krankheit im Säuglings- und Kleinkindesalter (7). Neben den allgemeinen Symptomen der Anacmie zeigen solche Kinder eine deutlich erhöhte Anfälligkeit gegenüber katarrhalischen Infekten. Bei häufigen Rezidiven wird dann das Bild der rein alimentären Anaemie durch dasjenige der Infektanaemie verwischt. Eisenverarmte Kinder mit noch tolerablem Haemoglobingehalt zwischen 9 und 10,5 g% sollen nach Angaben von Dallman im Vergleich zu gesunden Altersgenossen signifikant in ihrer Lernfähigkeit eingeschränkt sein (22). Auch Wachstumsstörungen, Beeinträchtigungen der Muskelfunktion und eine Abschwächung der zellulären Immunität sind unter Eisenmangelzuständen beschrieben worden (23).

Mit Nachdruck weisen obige Fakten auf die Wichtigkeit einer genügenden Eisenversorgung in dieser Altersstufe hin. Es stellt sich nun die Frage, wieviel Eisen dem wachsenden Organismus zugeführt werden muss, um den Bedarf voll decken zu können. Aus dem Zuwachs des Gesamtkörpereisens vom sechsten bis zwölften Lebensmonat kann man die tägliche, für das Wachstum nötige Zufuhr berechnen. Berücksichtigt werden müssen auch die unvermeidlich

exogenen Eisenverluste. Unter der Annahme einer durchschnittlichen Resorptionsrate von 10% empfiehlt das Committee on Nutrition USA, 17, für das zweite Lebensalterjahr eine tägliche Zufuhr von 1 mg Eisen pro Kilogramm Körpergewicht bis zu einem Maximum von 15 mg pro Tag. Das Durchschnittsgewicht der an unserer Studie beteiligten Säuglinge betrug 7,6 kg; das ergäbe täglich nötige Eisenzufuhren von 7,6 mg. Die DGE-Empfehlungen liegen in der gleichen Größenordnung. Die Angaben der Food and Nutrition Board USA, 40, liegen wesentlich höher (Tab. 21). Die Eisenversorgung ist aber nicht nur ein quantitatives, sondern auch ein qualitatives Problem. Je nach Herkunft des Eisens schwankt die Bioverfügbarkeit ganz beträchtlich. Eisen aus Fleisch, Leber, Geflügel und Fisch wird bedeutend besser resorbiert als Eisen aus pflanzlichen Nahrungsmitteln. So ist auch die Eisenabsorption aus einer Mahlzeit in erster Linie von ihrer Zusammensetzung abhängig. In einer Fleischreichen Mahlzeit wird auch das Eisen vegetabilier Herkunft besser ausgenutzt. Folgende Nahrungsbestandteile vermögen die Resorptionsrate ebenfalls zu beeinflussen: Ascorbinsäure erhöht die Absorption signifikant; Phytate, Phosphate und Oxalate (z.B. aus Cerealien, Milch, Spinat und Rhabarber) führen zu einer erniedrigten Eisenausschüttung (siehe auch Kap. 4.5.). Erschöpfte Eisendepots gelten als wichtiger endogener Resorptionsfördernder Faktor.

Da die Zusammensetzung der Diät die entscheidende Rolle bei der Eisenabsorption spielt, sind die vorliegenden Bedarfszahlen, die sich ja auf eine durchschnittliche Kost mit einer Resorptionsquote von 10% beziehen, nicht absolut verbindlich. Prinzipiell könnten auch Defiziten bedarfsdeckend sein, die unter den Frontlinien liegen, aber aus Eisen hoher Bioverfügbarkeit bestehen. Die WHO gab 1971 Empfehlungen heraus, die den verschiedenen Resorptionsraten Rechnung tragen sollte: Sind mehr als 10% der zugeführten Kalorien tierischer Herkunft, so wird ein täglicher Eisenbedarf von 5 mg angegeben. Liegt der prozentuale Anteil dieser Nahrungsmittel unter 10%, werden 10 mg empfohlen. Hier bleibt allerdings die wichtige Tatsache unberücksichtigt, dass nur die Absorption aus Fleisch als sehr günstig zu erachten

ist. Andere Lebensmittel tierischer Herkunft wie Eier oder Milch begünstigen die Eisenresorption in keiner Weise.

9.2. RESULTATE

Der Eisengehalt wurde mittels Atomabsorptionsspektrophotometrie bestimmt. Die Messungen erfolgten in einer Luft-Acetylenflamme.

Tab. 21: Eisenzufuhr

		Eisenzufuhr in mg pro Tag
Unsere Studie	$\bar{x}$	5,6
	Extrembereich	1,1 - 24
	$SD^{\pm}$	4,5
Empfehlung DGE		8
Empfehlung Food a. Nutrition Board		15
Empfehlung Committee on Nutrition		7,6

9.3. DISKUSSION

Mit einer durchschnittlichen Eisenzufuhr von 5,6 mg lagen unsere Säuglinge weit unter den international akzeptierten Idealwerten (Tab. 21). Wie die hohe Standardabweichung zeigt, war die Eisenversorgung grossen individuellen Schwankungen unterworfen. 40 der beteiligten Säuglinge (80%!) lagen unter den DGE-Empfehlungen, 37 unter denjenigen des Committee on Nutrition. Nur 2 Säuglinge lagen im Rahmen der Richtlinien der Food and Nutrition Board. Hätte nun der Hauptteil dieser durchschnittlich zugeführ-

ten 5,6 mg aus Eisen hoher Bioverfügbarkeit bestanden, wäre möglicherweise trotzdem genügend Eisen resorbiert worden. Wir haben darum den Fleischkonsum unserer Säuglinge genauer untersucht.

Laut den Empfehlungen sollten 1-2mal pro Woche ca. 50-100 Gramm Fleisch oder Leber zugeführt werden (Kap. 3.1., 143). Diese Angabe erscheint uns unpräzise. Immerhin ist es ein beträchtlicher Unterschied, ob Kalbsleber (5,4 mg Fe/100 g) oder z.B. Kalbfleisch vom Kotelettstück (2,9 mg Fe/100 g) verabreicht wird. Es ist auch nicht unwesentlich, ob 50 oder 100 Gramm verfüttert werden. Hält sich eine Mutter an die obere Grenze dieser Empfehlung und fügt der Nahrung wöchentlich 100 Gramm Leber bei, so führt sie dem Säugling 5,4 mg Eisen zusätzlich zu. Pro Tag sind das etwa 0,8 mg. Nur 10% der täglich nötigen Eisenzufuhr wäre so gedeckt.

Wie schon erwähnt (Tab. 3, S.12), bekamen 8 Kinder noch keine Fleischbeikost. Interessanterweise lag die durchschnittliche Eisenzufuhr in dieser Gruppe sogar knapp über dem Gesamtdurchschnitt der Studie. Dies mag doch ein Hinweis sein, dass Eisen aus Fleisch resp. Leber nur einen Bruchteil des zugeführten Eisens ausmacht. Zehn Kinder erhielten Frischfleisch. Es wurde meist Leber verabreicht. Zwei dieser Säuglinge erhielten 100 Gramm Leber pro Woche, der Rest 50 Gramm weniger. Fleischpürees aus dem Gläsli verabreichten 14 Mütter. Eine gab 200 Gramm pro Woche, fünf 100 Gramm und acht 50 Gramm dieser Fleischpürees. 100 Gramm einer solchen Mahlzeit enthalten je nach Fleischart 1,0 - 2,9 mg Eisen. In den empfohlenen Mengen bringen diese Gläsli also keine eindeutige Verbesserung der Eisenzufuhr. Neun Mütter verabreichten Fleisch in Gläsli, die ein Fleisch-Gemüse-Teigwarengemisch enthielten. Im Glauben, für die Eisenversorgung mehr als genug zu tun, verfütterten einige Mütter 6mal pro Woche solche gemischte Kindermahlzeiten im Glas. Pro Glas sind aber je nach Produkt und Zusammensetzung nur etwa 0,85 - 1,1 mg Eisen enthalten! Die restlichen neun Mütter führten Fleisch abwechselungsweise als Frischfleisch und als Fertigprodukt zu. Doch auch hier waren die Mengen so bemessen, dass sich die Eisenzufuhr nicht spürbar verbesserte. Zusammenfassend kann man zum Fleischkonsum sagen, dass die meisten Mütter (84%) sich zwar innerhalb, aber eher an der

unteren Grenze der Richtlinien befanden. Die bestehenden Empfehlungen zur Verbesserung der Eisenzufuhr sind eindeutig als ungenügend zu bezeichnen. Auch bei optimaler Erfüllung dieser Empfehlung wird dem Säugling zuwenig leicht resorbierbares Eisen zugeführt. Die von uns ermittelten durchschnittlichen Eisenzufuhren sind somit sicher defizitär.

13 Säuglinge lagen punkto Eisenzufuhr im Rahmen der Empfehlungen des Committee on Nutrition, USA. Anhand der Nahrungsprotokolle ermittelten wir die Faktoren, die eine genügende Eisenversorgung zur Folge hatten. Wurde 1mal pro Tag das stark mit Eisen angereicherte Multivitamin- und Malzextraktpräparat Jemalt* - in der vom Hersteller empfohlenen Menge - verabreicht, so war eine genügende Eisenzufuhr gewährleistet. Einschränkend sei hier erwähnt, dass Eisensalze eher schlecht resorbiert werden, wenn man sie zusammen mit Kuhmilch verabreicht (16, 110). Jemalt wird ja in Milch angerührt. Allerdings dürfte sich dieser Effekt wohl nur unter marginaler Versorgung nachteilig auswirken. In Jemalt wird Eisen aber reichlich angeboten. Als ausgleichendes Moment kommt hinzu, dass dieses Multivitaminpräparat einen hohen Gehalt an resorptionsfördernder Ascorbinsäure aufweist. Genügend Eisen bekamen auch jene Säuglinge zugeführt, die bei jeder der vier Hauptmahlzeiten ein eisenangereichertes Fertigprodukt der Firma Wander* erhielten. Pro 100 ml Schoppen resp. Brei enthalten alle diese Präparate etwa 1,2 - 1,4 mg Eisen. Die durchschnittliche tägliche Verzehrsmenge in unserer Studie betrug etwa 900 Gramm. Eine einfache Rechnung bestätigt so die genügende Eisenversorgung. Wurden zu drei Hauptmahlzeiten Wanderprodukte verabreicht, lag die tägliche Eisenaufnahme bei gut 6 mg. Auf die gleiche Menge kam der Säugling, der 3mal täglich das Präparat Beba* der Firma Nestlé erhielt. Die viermalige Verabreichung anderer, nicht voll adaptierter Fertigprodukte führte zu einer durchschnittlichen Eisenzufuhr von etwa 4-5 mg pro Tag und garantierte die optimale Ver-

* Mit Nachdruck sei hier darauf hingewiesen, dass sich die Aussagen über die einzelnen Markenpräparate ausschliesslich auf deren Eisengehalt beziehen und in keiner Weise eine Gesamtbeurteilung des Präparates darstellen.

sorgung nicht. Der Eisengehalt der industriell hergestellten - nicht voll adaptierten - Säuglingsnahrung darf somit als recht unterschiedlich bezeichnet werden. Ein siebenmonatiges Kind erhielt erstaunlicherweise noch immer 2mal pro Tag die volladaptierte Säuglingsmilch Humana 2 (Galactina)*. Dazu bestand die Mittagsmahlzeit jeweils aus einem Gläsli mit einem Fleisch-Gemüsegemisch. Auf diese Weise kam dieser Säugling auch zu einer genügenden Eisenversorgung.

Massiv defizitär versorgt (1,1 - 3 mg Fe/Die) waren jene Säuglinge, deren Mütter die Mittags- und Nachmittagsmahlzeiten aus frischen Rohprodukten selbst zubereiteten und die morgens und abends entweder nur Milch, Kakaogetränke (ausser Jemalt und Ovomaltine) oder andere als die obig aufgeführten Fertigprodukte verabreichten. Durch vermehrte Zufütterung von ausgewählt eisenreichen Nahrungsmitteln mit hoher Resorptionsrate kann sicher eine Verbesserung der Eisenversorgung erreicht werden. Wollte man den gesamten Eisenbedarf mit solchen Nahrungsmitteln decken, müsste der Säugling aber beträchtliche Mengen davon verzehren. Ob dies praktisch durchführbar ist, wird auch in Fachkreisen angezweifelt (110, 129). Eine Erhöhung der Eisenzufuhr durch artifiziell eisenangereicherte Nahrung oder in Form von Tropfen oder Tabletten scheint empfehlenswert. Eisentropfen oder -tabletten sind für die Therapie der Eisenmangelanaemie geeignet. Für die Prophylaxe sollten eisenangereicherte Säuglingspräparate bevorzugt werden. Diese führen zu keinen Nebenwirkungen, und die Gefahr der Eisenintoxikation ist praktisch inexistent. Bei der Auswahl der Präparate ist aber auf die übrigen ernährungsphysiologischen Belange zu achten. Eine zu häufige Verabreichung der kohlenhydratreichen "zwei Drittel-Milchen" - auch wenn sie gut mit Eisen angereichert sind - ist natürlich nicht erstrebenswert (siehe auch Kap. 5.3.).

* Mit Nachdruck sei hier darauf hingewiesen, dass sich die Aussagen über die einzelnen Markenpräparate ausschliesslich auf deren Eisengehalt beziehen und in keiner Weise eine Gesamtbeurteilung des Präparates darstellen.

10. Z U S A M M E N F A S S U N G

Ueber den Ballaststoffgehalt der Säuglingsnahrung existieren unseres Wissens - zumindest in Europa - keine Untersuchungen. Die vorliegende Arbeit soll zur diesbezüglichen Datenbeschaffung einen Beitrag leisten. Zugleich wurden in der Säuglingsnahrung durch chemische Analysen folgende Nährstoffe bestimmt: Eiweiss, Kohlenhydrate, Fette inkl. Polyensäuren, Natrium, Kalium, Magnesium, Kalzium, Phosphor und Eisen. Anhand von Nahrungsprotokollen untersuchten wir zudem die individuelle Gestaltung der einzelnen Mahlzeiten.

In der Studie wurden 50 gesunde nicht mehr gestillte Säuglinge im dritten Trimenon aufgenommen. Kinderärzte vermittelten uns den Kontakt mit Müttern, die sich zur Mitarbeit bereit erklärten. Während je sieben aufeinanderfolgenden Tagen bereiteten die Mütter jeweils ein Nahrungsdoppel sämtlicher vom Kind verzehrter Nahrung zu; die zusätzliche Ration wurde für die chemische Analyse bereitgestellt. Die Mütter führten zugleich ein genaues Nahrungsprotokoll, in dem der effektive Konsum von Lebensmitteln und Getränken festgehalten wurde. Die exakte Verzehrmenge wurde durch die sog. "präzise Wägemethode" ermittelt. Anhand der Nahrungsprotokolle wurden im Labor Tages- respektive Wochenportionen zusammengestellt und analysiert.

Die sog. "zwei Drittel-Milchen" erfreuten sich in unserer Studie grosser Beliebtheit. Der Grossteil der Morgen- und Abendmahlzeiten wurde in Form dieser Säuglingsmilchen verabreicht. Wegen ihrem hohen Kohlenhydratgehalt gelten diese Präparate nicht mehr als optimale Säuglingskost. Die Mittagsmahlzeiten wurden weitgehend getreu den Empfehlungen gestaltet. Einen festen Platz in der Säuglingsnahrung scheinen der Früchteyoghurt und der Früchtequark gefunden zu haben. 60% der Nachmittagsmahlzeiten bestanden - zumindest teilweise - aus diesen Milchprodukten. Da die im Handel erhältlichen Präparate sehr stark gesüsst sind, ist ihre weite Verbreitung vom ernährungsphysiologischen Standpunkt aus nicht unbedingt erfreulich. Entgegen den Empfehlungen waren nur 19% der verabreichten Abendmahlzeiten Getreidebreie.

Die durchschnittliche Zufuhr an Ballaststoffen betrug 5,1 g/Tag; dies entspricht einer Dichte von 7,5 g pro 1000 zugeführte Kalorien. Vergleichbare Daten über den Ballaststoffgehalt in der Säuglingsnahrung sind uns nicht bekannt. Droese hat bei Kleinkindern anhand von Tabellenwerten eine Zufuhr von etwa 8 g errechnet. Chemische Untersuchungen der Verpflegung in den Schweizer Rekrutenschulen haben einen Ballaststoffgehalt von 8 g pro 1000 Kalorien gegeben. Wird die Aufnahme pro kg Körpergewicht betrachtet, ist die Zufuhr bei Säuglingen um das Dreifache höher als bei den Rekruten.

Die tägliche Kalorienzufuhr lag mit 88 Kalorien pro kg Körpergewicht unter den Empfehlungen; da die quantitative Vollwertigkeit der Nahrung während der Untersuchungsperiode durch Gewichtskontrollen verifiziert wurde, kann der Energiegehalt der Nahrung als ausreichend betrachtet werden. Bezogen auf die gesamte Energiezufuhr beteiligte sich das Eiweiss mit 16%, Fett mit 28% und die Kohlenhydrate mit 56%; im Vergleich zur Muttermilch zeigte sich eine deutliche Verschiebung zugunsten der Kohlenhydrate. Der Fettanteil der Nahrung war niedrig. Dies wird in der Säuglingsperiode jedoch nicht angestrebt: Die Fette sind nicht nur ein wichtiger Träger von Polyensäuren und fettlöslichen Vitaminen, sie werden auch für die Myelinisation und die Entwicklung des Nervensystems benötigt.

Bei dem niedrigen Fettgehalt der Nahrung erstaunt es nicht, dass unsere Säuglinge relativ wenig ungesättigte Fettsäuren zugeführt bekamen. Mit täglich 1,5 g lagen sie deutlich unter den als ideal erachteten Richtwerten. Nach amerikanischen Studien allerdings soll ein Verzehr in der von uns gefundenen Höhe bedarfsdeckend sein. Eine Erhöhung der Zufuhr wäre leicht möglich, wenn die Mütter zur Verfeinerung der Gemüsemahlzeiten pflanzliche Fette an Stelle von Butter verwenden würden. Rund 60% der beteiligten Mütter gaben regelmässig Butter; nur 6% der Säuglinge erhielten Margarine.

Die Eiweissversorgung lag mit 3,5 g/kg Körpergewicht deutlich über den Empfehlungen der DGE; der hohe Proteinkonsum bringt aber für die somatische und psychische Entwicklung des Säuglings keine Vorteile. Im Vergleich zu den Empfehlungen wurden unsere

Säuglinge fettarm aber sehr kohlenhydratreich ernährt. Tönz vermutet, dass genau diese Konstellation zur kindlichen Adipositas prädisponiert. Diese Hypothese wurde durch Untersuchungen der Säuglingsnahrung in der BRD erhärtet.

Der Gehalt an Natrium überstieg mit 430 mg/Tag beträchtlich die wünschenswerte Zufuhr. Die Resultate geben zu Bedenken Anlass, da eine Reihe von epidemiologischen Studien auf eine enge Korrelation zwischen Kochsalzaufnahme und Häufigkeit der Hypertonie in der Bevölkerung hinweist. Tierversuche zeigten, dass bei natriumreicher Kost häufiger Artherosklerose entsteht und dass die Symptome um so ausgeprägter sind, je früher die Tiere eine natriumreiche Kost erhalten. Neuere Arbeiten weisen darauf hin, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit ein Zusammenhang zwischen hoher Natriumzufuhr im Säuglingsalter und der späteren Entwicklung einer Hypertonie besteht. Die Empfehlung zur sparsamen Verwendung des Kochsalzes hat sich offensichtlich vorläufig noch nicht durchgesetzt; rund ein Drittel der an der Studie beteiligten Mütter würzten regelmässig die Säuglingsnahrung. Die meisten hatten zudem nie etwas von den möglichen Nachteilen einer natriumreichen Kost gehört. Um die Kochsalzzufuhr einzuschränken, drängt sich eine breit angelegte Aufklärungskampagne auf.

Die erfassten Säuglinge waren im Ueberfluss mit Kalium, Kalzium und Phosphor versorgt. Die Zufuhr von Magnesium lag im Rahmen der DGE-Empfehlung und über den Richtlinien amerikanischer Autoren. Die Versorgung mit Eisen erwies sich als massiv defizitär. Anstelle der empfohlenen 8 mg wurden täglich durchschnittlich 5,6 mg zugeführt. Insgesamt blieben 80% der beteiligten Säuglinge unter den Empfehlungen der DGE. Insbesondere war der Anteil von leicht resorbierbarem Eisen aus Leber, Fleisch und Geflügel sehr gering. Zwar lagen 84% der Mütter bezüglich der Fleischversorgung im Rahmen der Empfehlungen, doch sind diese Richtlinien eindeutig als ungenügend zu bezeichnen. Eine besonders schlechte Versorgung mit Eisen war bei denjenigen Säuglingen festzustellen, deren Mütter die Gemüse- und Früchtemahlzeiten aus frischen Rohprodukten selbst herstellten. Gaben diese Mütter zudem morgens und abends nur Milch oder ein nicht eisenangerei-

chertes Kakaogetränk, so war die Eisenzufuhr bedenklich niedrig. Wir stellten auch einen recht unterschiedlichen Eisengehalt der industriell hergestellten, nicht volladaptierten Säuglingsnahrung fest. Mehr als zur Zeit üblich sollten ausgewählt eisenreiche Nahrungsmittel mit hoher Resorptionsrate in den Speiseplan der Säuglinge aufgenommen werden. Zudem empfiehlt sich ein vermehrter Konsum von eisenangereicherten Säuglingspräparaten.

11. B E I L A G E N

Beilage 1: Brief an die Kinderärzte

Betrifft: Mitarbeit bei der Erhebung über den Gehalt an Nahrungsfasern in der Säuglingsernährung

Sehr geehrter Herr Kollege

Das Institut für Ernährungsforschung führt im Zusammenhang mit dem Kinderspital Zürich (Prof. Dr. Shmerling) und nach Absprache mit Dr. F. Larcher und Dr. Kraft, eine Erhebung über den Nahrungsfasergehalt der Säuglingsernährung durch.

Die Nahrungsfasern gelangten in den letzten Jahren immer mehr ins Zentrum des Interesses von Gastroenterologen und Ernährungsforschern. Inzwischen weiss man, dass Nahrungsfasern den Stoffwechsel direkt oder indirekt beeinflussen, wobei einzelne Nahrungsfasern jeweils spezifische Funktionen ausüben. Nichts weiss man bisher über den Bedarf und den Verzehr von Nahrungsfasern in den einzelnen Altersgruppen der Bevölkerung. Ohne solche Daten sind weitere Aussagen über diese wichtigen Nahrungsbestandteile nicht möglich. Die geplante Studie soll ein Beitrag zu dieser Datenbeschaffung darstellen.

Gleichzeitig wird auch der Verzehr von einigen wichtigen Mineralstoffen bzw. Spurenelementen (Na, Ca, P, Fe) erfasst. Auch der Fett-, Eiweiss- und Gesamtkaloriengehalt der Nahrung wird bestimmt.

Für die Erhebung benötigen wir die Mithilfe von zuverlässigen Müttern mit Säuglingen im Alter von 6-9 Monaten. Die Kinder sollten gesund sein, eine normale Ernährung erhalten und nicht mehr gestillt werden.

Hier nun sind wir auf Ihre Hilfe angewiesen. Wir haben uns vorgestellt, dass Sie in Ihrer Sprechstunde geeignete Mütter über die geplante Arbeit informieren und zum Mitmachen motivieren. Damit Sie wenig Zeit verlieren, werden wir Ihnen Orientierungsblätter für die Mütter zustellen. Die genaue Instruktion der Mütter über den Ablauf der Studie erfolgt dann durch uns. Sie müssen uns also nur die Adressen der zur Mitarbeit bereiten Mütter vermitteln.

Die Daten werden durch die sog. genaue Wägemethode erhoben: Auf einem "Erhebungsbogen" notiert die Mutter Art und Menge der Lebensmittel, die sie für die Zubereitung der Nahrung benötigt. Die

Mütter werden gebeten, jeweils die doppelte Nahrungsmenge zuzubereiten. Der finanzielle Mehraufwand wird entschädigt. Das Nahrungsdoppel wird in zur Verfügung gestellten Behältern im Kühlschrank gelagert und von uns laufend abgeholt. Die Untersuchung dauert sieben aufeinander folgende Tage.

Selbstverständlich werden wir Ihnen und der Mutter jeweils die Resultate der individuellen Bestimmungen mitteilen.

Die Erhebung wird voraussichtlich von Ende Oktober 1979 bis ca. Ende Februar 1980 dauern.

Wir wären Ihnen sehr dankbar, wenn Sie uns durch Ihre aktive Mitarbeit helfen könnten, diese Studie zu realisieren. Bitte teilen Sie uns Ihren positiven Entscheid so bald als möglich telefonisch mit.

Beilage 2: Orientierungsblatt für die Mütter

Liebe Mutter,

wir danken für Ihr Interesse und die Bereitschaft, mit uns an einem Forschungsprojekt zusammenzuarbeiten.

Um was geht es genau?

Wir vom Institut für Ernährungsforschung wollen zusammen mit dem Kinderspital Zürich den Nahrungsfasergehalt der Säuglingsnahrung ermitteln. Nahrungsfasern sind diejenigen Nahrungsbestandteile, die unser Körper nicht verwerten kann, die also unverdaut ausgeschieden werden. Früher hat man diesen Stoffen keine Bedeutung zugemessen. Erst in jüngster Zeit erkannte man die Wichtigkeit der Nahrungsfasern; sie beteiligen sich wesentlich an der Verdauung und an Stoffwechselvorgängen, wobei die verschiedenen Nahrungsfasern ganz bestimmte Wirkungen haben. Noch vieles ist aber unklar. Vor allem weiss man nicht, wieviel Nahrungsfasern man durchschnittlich zu sich nimmt. Die geplante Studie soll diese Frage in bezug auf die Säuglingsernährung klären. Gleichzeitig werden der Eiweiss- und Fettgehalt der Nahrung sowie einige für das Wachstum wichtige Mineralstoffe und Spurenelemente wie Kochsalz, Kalzium und Eisen mitbestimmt.

Was nun haben Sie zu tun?

Statt dass Sie für Ihr Kind die gewohnte Essensportion zubereiten, sollen Sie während sieben aufeinanderfolgenden Tagen jeweils die doppelte Menge zubereiten. Der finanzielle Mehraufwand wird Ihnen natürlich entschädigt. Auf einem vorgedruckten Blatt Papier tragen Sie Art und Menge der verwendeten Nahrungsmittel und Getränke genau ein. Die eine Hälfte der vorbereiteten Nahrung geben Sie wie üblich Ihrem Kind, die andere Hälfte bewahren Sie in von uns zur Verfügung gestellten Behältern im Kühlschrank auf. Diese Behälter werden regelmässig von uns abgeholt.

Nach Abschluss der Analysen werden wir Ihren Kinderarzt über die Resultate orientieren.

Wenn Sie zur Mitarbeit bereit sind, wird uns Ihr Kinderarzt Ihre Adresse vermitteln und wir setzen uns dann zur gegebenen Zeit mit Ihnen in Verbindung.

Beilage 3: Nahrungsprotokoll

Tag:		Nahrungsbehälter No.	
Nahrungsmittel	zubereitete resp. bereitgestellte Nahrung	vom Kind verzehnte Nahrung	Rest
<u>Morgenmahlzeit</u>			
<u>Mittagsmahlzeit</u>			

Tag:		Nahrungsbehälter No.	
Nahrungsmittel	zubereitete resp. bereitgestellte Nahrung	vom Kind verzehrt Nahrung	Rest
<u>Nachmittagsmahlzeit</u>			
<u>Abendmahlzeit</u>			
<u>Zwischenmahlzeiten</u>			

12. VERZEICHNIS DER TABELLEN UND
ABBILDUNGEN

	Seite
Tab. 1: Gestaltung der Morgenmahlzeit	10
Tab. 2: Gestaltung der Mittagsmahlzeit	11
Tab. 3: Beikost Fleisch	12
Tab. 4: Beikost Eigelb. Wochenkonsum	13
Tab. 5: Gestaltung der Nachmittagsmahlzeit	13
Tab. 6: Gestaltung der Abendmahlzeit	14
Tab. 7: Ballaststoffgehalt der Säuglingsnahrung	42
Tab. 8: Effektive und empfohlene Zufuhren an Eiweiss	48
Tab. 9: Effektive und empfohlene Kohlenhydratzufuhren	50
Tab. 10: Effektive und empfohlene Fettzufuhren	51
Tab. 11: Zufuhren an mehrfach ungesättigten Fettsäuren	51
Tab. 12: Gesamtzufuhr an Energie	52
Tab. 13: Energieverteilung	53
Tab. 14: Natrium- und Kochsalzzufuhr	57
Tab. 15: Kaliumzufuhr	57
Tab. 16: Wasserzufuhr	58
Tab. 17: Magnesiumzufuhr	62
Tab. 18: Kalziumzufuhr	65
Tab. 19: Phosphorzufuhr	66
Tab. 20: Ca : P - Quotient	66
Tab. 21: Eisenzufuhr	74
Abb. 1: Altersverteilung der beteiligten Säuglinge	2
Abb. 2: Zusammensetzung des Ballaststoffkomplexes	20
Abb. 3: Stoffliche Aufgliederung des Ballaststoffkomplexes	20
Abb. 4: Graduierung der Eisenmangelzustände	71

13. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. ALMY T.P., HOWELL D.A.: Diverticular disease of the colon. N. Engl. J. Med. 302, 324 (1980).
2. AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS COMMITTEE ON NUTRITION: Salt intake and eating patherus of infants and children. Pediatrics, Springfield 53, 115 (1974).
3. ANDERSON J.W.: Plant fiber, carbohydrate and lipid metabolism. Am. J. Clin. Nutr. 32, 346 (1979).
4. ANDREW E.M.: Infant feeding practices of families belonging to a prepaid group practice health cave plan. Pediatrics Vol. 65, No.5, 978 (1980).
5. BAESSLER K.H., FEKL W., LANG K.: Grundbegriffe der Ernährungslehre. Springer, Berlin (1979).
6. BEHER W.T., CASAZZA K.K.: Effects of psyllium hydrocolloid on bile acid metabolism in normal and hypophysectomized rats. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 136, 253 (1971).
7. BERGMANN K.E.: Spurenelemente in der Säuglingsernährung. Mschr. Kinderheilk. 122, 285 (1974).
8. BERGMANN R.L.: Aktuelle Probleme der Säuglingsernährung. Akt. Ernähr., Supplementheft 2, pp 111-121 (1977).
9. BERNDT H.: Obstipation und Ernährung. Ernährungsforschung 23, 106 (1978).
10. BOCK W., KRAUSE M.: Funktionelle und ernährungsphysiologische Eigenschaften von Pektinstoffen. Ernährungsforschung 23, 100 (1978).
11. BUDDECKE E.: Grundriss der Biochemie. De Gruyter, Berlin (1977).
12. BURKITT D.P.: Some neglected leads to cancer causation. J. Natl. Cancer Inst. 47, 913 (1971).
13. CHARNEY E. et al.: Childhood antecedents of adult obesity. Do chubby infants become obese adults? N. Engl. J. Med. 295, 6 (1976).
14. CHENOWETH W., LEVEILLE G.A.: Metabolism and physiological effects of pectin. In: Physiological effects of food carbohydrates. ACS Symposium, Series 15. American Chemical Society, Washington D.C. (1975).
15. CHRISTEN H.R.: Grundlagen der organischen Chemie. Sauerländer, Aarau (1970).
16. COOK J.D., MONSEN E.R.: Food iron absorption in human subjects. III: Comparison of the effect of animal proteins on nonheme iron absorption. Am. J. Clin. Nutr. 29, 859 (1976).
17. Committee on Nutrition, American Academy of Pediatrics 58, 765 (1976).

18. CONSTAM G.R.: Einfache Diättherapie des Diabetes mellitus. Ther. Umsch. 37, 632 (1980).
19. CLASSEN H.G.: Magnesium: Tierexperimentelle Daten und Konsequenzen für die Diätetik. Akt. Ernähr. 5, 186 (1978).
20. CULLEN R.W., OACE S.M.: Methylmalonic acid and vitamin B 12 excretion of rats consuming diets varying in cellulose and pectin. J. Nutr. 108, 640 (1978).
21. CUMMINGS J.H.: Progress report: Dietary fibre. Gut, 14, 69 (1973).
22. DALLMAN P.R., HOWELL D., SULZER J.: Significance of iron deficiencies. Extent and meanings of iron deficiency in the USA. Summary Proceedings of a Workshop. Food and Nutrition Board, National Academy of Sciences, pp 65-80 (1971).
23. DALLMAN P.R., BEUTLER E.: Annotation: Effects of iron deficiency exclusive of anaemia. Brit. J. Haematol. 40, 179 (1978).
24. DALLMAN P.R.: Iron deficiency in infancy and childhood. Am. J. Clin. Nutr. 33, 86 (1980).
25. DEUTSCHE GESELLSCHAFT FUER ERNAEHRUNG: Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr. Umschau Verlag, Frankfurt (1978).
26. DOUGLAS J., TASGON I.: Diet and diabetes. Lancet 2, 1306 (1976).
27. DROESE W., STOLLEY H.: Zur Frage der Calciumausnutzung junger gesunder Säuglinge bei Ernährung mit Kuhmilchmischungen mit unterschiedlichem Fettgehalt. Mschr. Kinderheilk. 115, 238 (1967).
28. DROESE W., STOLLEY H.: Die derzeitigen Vorstellungen über die zweckmäßige Ernährung gesunder, künstlich ernährter Säuglinge im ersten Lebensjahr. Mschr. Kinderheilk. 116, 198 (1968).
29. DROESE W., STOLLEY H.: Kochsalz in der Nahrung von Säuglingen und Kleinkindern. Dtsch. Med. Wschr. 97, 1029 (1972).
30. DROESE W., STOLLEY H.: Ueber den Calcium- und Phosphatbedarf des Säuglings. Mschr. Kinderheilk. 122, 274 (1974).
31. DROESE W.: Beikost für Säuglinge im ersten Lebensjahr bei Ernährung mit industriell hergestellter Milchnahrung. Mschr. Kinderheilk. 126, 6 (1978).
32. DROESE W., STOLLEY H., KERSTING M.: Energie- und Nährstoffversorgung im Verlaufe der Kindheit. IV. Kohlenhydrate, Rohfaser. Mschr. Kinderheilk. 127, 405 (1979).
33. DURRINGTON P.N., MANNING A.P., BOLTON C.H., HARTOG M.: Effect of pectin on serum lipids and lipoproteins, whole-gut transit-time, and stool weight. Lancet 2, 394 (1976).
34. EASTWOOD M.A. et al.: Studies on the absorption of bile salts to non absorbed components of the diet. Biochem. Biophys. Acta (Amst.) 152, 165 (1968).
35. EASTWOOD M.A. et al.: Effects of dietary supplements of wheat bran and cellulose on faeces and bowel function. Br. Med. J. 4, 392 (1973).

36. ELCHAZLY M., BERNASEK J., THOMAS B.: Einflussnahme von Ballaststoffen aus Stoffwechselvorgängen. *Akt. Ernährung* 2, 35 (1977).
37. ERSHOFF B.H., WELLS A.F.: Effects of methoxyl content on anti cholesterol activity of pectic substances in the rat. *Exp. Med. Surg.* 20, 272 (1962).
38. ERSHOFF B.H., WELLS A.F.: Effects of guar gum, locust bean gum and carrageenan on liver cholesterol of cholesterol-fed rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 110, 580 (1962).
39. FAHRLAENDER H.: Diät und Magen-Darm-Krankheiten. *Ther. Umsch.* 37, 615 (1980).
40. FOOD AND NUTRITION BOARD, Recommended dietary allowances, 8. Aufl., National Academy of Sciences, Washington D.C. (1974).
41. FOMON S.J.: Infant nutrition. Philadelphia and London, W.B. Saunders Co. (1967).
42. FOMON S.J.: Body composition of the male reference infant during the first year of life. *Pediatrics* 40, 863 (1967).
43. FOMON S.J. et al.: Acceptance of unsalted strained foods by normal infants. *J. Pediat.* 76, 242 (1970).
44. FOURMAN P., ROYER P.: Calciummetabolism and the bone. 2ed Oxford and Edinburg: Blackwell Scientific Publications (1968).
45. GARN ST.M.: The earlier gain and the later loss of cortical bone. Springfield, Illinois, Charles C. Thomas (1970).
46. GLADTKE E.: Kochsalz und Hypertonie. In: Schreier K., Eckert I. (Hrsg.): Ernährung und Umwelt - Eine Bestandesaufnahme. Thieme, Stuttgart, pp 50-55 (1976).
47. GOETZE C., SCHAEFER K.H.: Eisenstoffwechselstudien am Frühgeborenen und gesunden Reifgeborenen mit dem Ganzkörperzähler und anderen Methoden. *M Schr. Kinderheilk.* 118, 210 (1970).
48. GORDON T. et al.: High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease. The Framingham Study. *Amer. J. Med.* 62, 707 (1977).
49. GRAHAM H.D.: Complex formation between hydrocolloids and tranquilizers and hypotensive agents. *J. Pharm. Sci.* 52, 192 (1963).
50. GRIMINGER P., FISHER H.: Anti-hypercholesterolemic action of scleroglucan and pectin in chicken. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 122, 551 (1966).
51. GROEN J.J. et al.: The influence of nutrition and coronary heart disease among Trappist and Benedictine monks. *Am. J. Clin. Nutr.* 10, 456 (1962).
52. GRUETTNER R.: Prophylaxe in der Kinderernährung. *M Schr. Kinderheilk.* 126, 238 (1978).
53. GUELLER R., REBER M.: Mechanische Dickdarmobstruktion durch Weizenkleie. *Schweiz. Med. Wschr.* 110, 89 (1980).

54. HABER G.B.; HEATON K.W., MURPHY D., BURROUGHS L.F.: Depletion and disruption of dietary fibre. Effects on satiety, plasma-glucose, and serum-insulin. *Lancet* 2, 679 (1977).
55. HARMUTH-HOENE A.-E. et al.: Der Einfluss von Guarmehl in der Nahrung auf die Stickstoffbilanz, den Proteinstoffwechsel und die Transitzeit der Nahrung in Ratten. *Nutr. Metab.* 22, 32 (1978).
56. HARMUTH-HOENE A.-E., SCHELENZ R.: Der Einfluss von Ballaststoffen in der Nahrung auf die Resorption von essentiellen Mineralstoffen beim Menschen. XVI. Wissenschaftlicher Kongress der DGE, Giessen (1979).
57. HEATON F.W. et al.: Observations on the relation between calcium and magnesium metabolism in man. *Clin. Sci.* 27, 31 (1964).
58. HEATON K.W.: Dietary fibre in relation to cholesterol and bile acid metabolism and gallstone formation. In: Rottka H. (Hrsg.): Pflanzenfasern-Ballaststoffe in der menschlichen Ernährung, Thieme, Stuttgart (1980).
59. HELLERSTEIN E.E. et al.: Studies on the interrelationships between dietary magnesium, quality and quantity of fat, hypercholesterolaemia and lipidosis. *J. Nutr.* 71, 339 (1960).
60. HENZI H.: Methanolhypothese: Erfolge mit kausaler Behandlung der multiplen Sklerose. *Juris Verlag, Zürich* (1976).
61. HILL M.J. et al.: Bacteria and aetiology of cancer of large bowel. *Lancet* 1, 95 (1971).
62. HILL M.J.: The role of colon anaerobes in the metabolism of bile acids and steroids, and its regulation to colon cancer. *Cancer* 36, 2384 (1975).
63. HOCHSTRASSER B., VUILLE J.-C.: Ernährung und somatische Entwicklung von Säuglingen im Kanton Bern. *Sozial- und Präventivmedizin* 25, 177 (1980).
64. HOEGL O.: Fette und Lipide. Fettbestimmung nach Aufschluss. In: Schweizerisches Lebensmittelbuch, Band I, pp 534-535, EDMZ, Bern (1964).
65. HOLLOWAY W.D. et al.: The hemicellulose component of dietary fiber. *Am. J. Clin. Nutr.* 33, 260 (1980).
66. HUTH K. et al.: Pulverisierte Cellulase als Füllstoff, insbesondere ihre Wirkung auf das Serumcholesterin. *Verh. Dtsch. Ges. In. Med.* 79, 1270 (1973).
67. HUTH K.: Ballaststoffe. *Dtsch.med. Wschr.* 103, 1721 (1978).
68. HUTH K.: Ballaststoffe in der Diätetik. *Ernährungslehre und -Praxis, Beilage zur Ernährungsumschau Nr. 1* (1980).
69. INTERDEPARTEMENTAL COMMITTEE ON NUTRITION, *Publ. Hlth. Rep. (Wash.)* 75, 687 (1960).
70. JENKINS D.J.A., LEEDS A.R., NEWTON C., CUMMINGS J.H.: Effect of pectin, guar gum, and wheat fibre on serum cholesterol. *Lancet* 1, 1116 (1975).

71. JENKINS D.J.A., LEEDS A.R., GASULL M.: Decrease in postprandial insulin and glucose concentration by guar and pectin. *Ann. Intern. Med.* 86, 20 (1977).
72. JENKINS D.J.A., HILL M.J., CUMMINGS J.H.: Effect of wheat fiber on blood lipids, fecal steroid excretion and serum iron. *Am. J. Clin. Nutr.* 28, 1408 (1975).
73. JENKINS D.J.A. et al.: Dietary fiber and blood lipids: Treatment of hypercholesterolaemia with guar crispbread. *Am. J. Clin. Nutr.* 33, 575 (1980).
74. KASPER H.: Der Einfluss von Ballaststoffen auf Verdauung und Resorption von Nährstoffen. *Ernährung/Nutrition* 3, 242 (1979).
75. KASPER H.: Die Bedeutung von Ballaststoffen für die Entstehung und Behandlung von Erkrankungen. *Ther. Umsch.* 37, 628 (1980).
76. KASPER H.: Der Einfluss von Ballaststoffen auf die Ausnutzung von Nährstoffen und Pharmaka. In: Rottka H. (Hrsg.): *Pflanzenfasern-Ballaststoffe in der menschlichen Ernährung*, Thieme, Stuttgart (1980).
77. KAY R.M., Truswell A.S.: Effect of citruspectin on blood lipids and fecal steroid excretion in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 171 (1977).
78. KIEHM T.G., ANDERSON J.W., WARD K.: Beneficial effects of high carbohydrate, high fiber diet on hyperglycemic diabetic men. *Am. J. Clin. Nutr.* 29, 895 (1976).
79. KRITCHEVSKY D. et al.: Non nutritive fiber and lipid metabolism. *J. Food. Sci.* 40, 8 (1975).
80. KUEMMERLE F.: Klinik und Therapie der Diverticulosis des Dickdarms. *Dtsch. med. Wschr.* 105, 661 (1980).
81. LA MONT J.T., O'GORMAN T.A.O.: Experimental colon cancer. *Gastroenterology* 75, 1175 (1978).
82. LEITZMANN C., MEIER-PLOEGER A.: Einfluss von Johannisbrotkernmehl auf die Stickstoffbilanz gesunder Probanden. XVI. Wissenschaftlicher Kongress der DGE, Giessen (1979).
83. LEITZMANN C., CREMER H.-D.: Einfluss zugesetzter Ballaststoffe auf die Lebensmittelqualität. *Ernährungsumschau* 26, Heft 12 (1979).
84. LINDERKAMP W., ROTH G.: Blutvolumen, Serumeisen und Erythrocytenparameter von ausgetragenen, früh abgenabelten Säuglingen im ersten Lebensjahr. *Klin. Pädiat.* 186, 511 (1974).
85. LIU K., STAMMLER J., MOOS D.: Dietary cholesterol, fat and fibre, and colon-cancer mortality. *Lancet* 2, 782 (1979).
86. MAASER R.: Die Häufigkeit der Ueberernährung im Klein- und Schulkindesalter. *Mscr. Kinderheilk.* 122, 536 (1974).
87. MAASER R.: Diagnostik und Therapie der Adipositas im Kindesalter. *Aktuelle Ernährungsmedizin, Supplementheft* 2, 111 (1977).
88. MAMUNES P.: Intellectual deficits after transient tyrosinaemia in the term neonate. *Pediatrics* 57, 675 (1976).

89. MASTROMARINO A., REDDY B.S., WYNDER E.L.: Metabolic epidemiology of colon cancer: Enzymatic activity of fecal flora. *Am. J. Clin. Nutr.* 29, 1455 (1976).
90. MC CANE R.A., WIDDOWSON E.M.: *Med. Res. Council. Spec. Rep. Ser. Nr. 213* (1936).
91. MC CANE R.A., WIDDOWSON E.M.: The compositions of foods. *Med. Res. Council Spec. Rep. Ser.* 297, 70 (1960).
92. MC FATE-SMITH W.: Natriumaufnahme und Epidemiologie der Hypertonie des Menschen. *Akt. Ernährung* 6, 201 (1978).
93. MC RAE T. et al.: Comparativ digestibility of wholemeal and white breads and the effect of grinding. *J. Hyg.* 42, 423 (1942).
94. MEIER-PLOEGER A.: Der Einfluss von Lignin und Kleie auf den Lipidstoffwechsel und anderer Stoffwechselparameter der Ratte. *Inauguraldissertation, Giessen* (1978).
95. MEIER-PLOEGER A., LEITZMANN C.: Ballaststoffausscheidung bei gesunden Probanden. XVI. Wissenschaftlicher Kongress der DGE, Giessen (1979).
96. MOKADY S.: Effect of dietary pectin and algin on the biosynthesis of hepatic lipids in growing rats. *Nutr. Metab.* 16, 203 (1974).
97. MORDASINI R.: Lipidsenker - Wann? - Welche? *Pharma-Kritik* 2, Nr.9 (1980).
98. MORRIS D.L.: The quantitative determination of carbohydrates with Dreywood's anthrone reagent. *Science* 107, 254 (1948).
99. NIGRO N.D., SINGH D.V., CAMPBELL R.L.: Effect of dietary beef fat on intestinal tumor formation by azoxymethane in rats. *J. Natl. Cancer Inst.* 54, 439 (1975).
100. OTTEN M.H., GYR K.: Intestinale Bakterienflora und Kolonkarzinom. *Ther. Umsch.* 37, 201 (1980).
101. PARNAS J.K.: Ueber die Ausführung der Stickstoffbestimmung nach Kjeldhal in der Modifikation von Parnas und Wagner. *J. Anal. Chem.* 114, 261 (1938).
102. POSKITT E.M.E.: Do fat babies stay fat? *Brit. Med. J.* 1, 7 (1977).
103. PRADER A., BUDLIGER H.: Body measurements, grow velocity and bone age of healthy children up to 12 years of age. *Helv. Paediat. Acta Suppl.* 37 (1977).
104. PUYAU F.A., HAMPTON L.P.: Infant feeding practices 1966. Salt content of the modern diet. *Amer. J. Child* 11, 370 (1966).
105. RABAST U.: Der Einsatz von Pflanzenfaserballaststoffen bei der Adipositasbehandlung. In: Rottka H. (Hrsg.): *Pflanzenfasern - Ballaststoffe in der menschlichen Ernährung*. Thieme, Stuttgart (1980).
106. RAIHA N.C.R.: Milk protein quantity and quality in low-birthweight infant: I. Metabolic responses and effects on growth. *Pediatrics* 57, 442 (1976).

107. REICHLIN B.: Zur Aetiopathologie des kolorektalen Karzinoms. Schweiz. med. Wschr. 110, 1381 (1980).
108. ROTTKA H.: Verzehr von Ballaststoffen in der BRD. In: Rottka H. (Hrsg.): Pflanzenfasern - Ballaststoffe in der menschlichen Ernährung. Thieme, Stuttgart (1980).
109. SACK H.: Die Calciumresorption. Dtsch. med. Wschr. 95, 398 (1970).
110. SCHAEFER K.H.: Eisenstoffwechsel und exogener Eisenbedarf. In: Schreier und Eckert (Hrsg.): Ernährung und Umwelt - Eine Bestandesaufnahme. Thieme, Stuttgart (1976).
111. SCHLIERF G.: Pflanzenfaserballaststoffe und kardiovaskuläre Risikofaktoren. In: Rottka H. (Hrsg.): Pflanzenfasern - Ballaststoffe in der menschlichen Ernährung. Thieme, Stuttgart (1980).
112. SCHMID M. et al.: Jodmangel ist in der Schweiz noch immer endemisch. Schweiz. med. Wschr. 110, 1290 (1980).
113. SCHORMUELLER J.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Springer, Berlin (1978).
114. SCHWEIZER T.F., WUERSCH P.: Analysis of dietary fibre in foods. J. Sci. Food Agric. 30, 613 (1979).
115. SCHWEIZER T.F.: Die Bestimmung von Ballaststoffen - Mittel zum Zweck. In Rottka H. (Hrsg.): Pflanzenfasern - Ballaststoffe in der menschlichen Ernährung. Thieme, Stuttgart (1980).
116. SEAGER H.: The effect of methylcellulose on the absorption of nitrofurantoin from the gastrointestinal tract. J. Pharm. Pharmacol. 20, 968 (1968).
117. SEIBEL W.: Ballaststoffanreicherung bei Lebensmitteln auf Getreidebasis. Gordian 11, 297 (1979).
118. SHURPALEKAR K.S. et al.: Effect of inclusion of cellulose in an 'atherogenic' diet on the blood lipids of children. Nature 232, 554 (1971).
119. SIIMES M.A., DALLMAN P.R.: Diagnosis of iron deficiency and iron overload in infants and children. Blood 43, 581 (1974).
120. SOMOGYI J.C.: Einführung in die Bedeutung von Nahrungsfaserballaststoffen. In: Rottka H. (Hrsg.): Pflanzenfasern - Ballaststoffe in der menschlichen Ernährung, Thieme, Stuttgart (1980).
121. SOUTHGATE D.A.T. et al.: Calorie conversion factors. An experimental reassessment of the factors used in the calculation of the energy value of human diets. Brit. J. Nutr. 24, 517 (1970).
122. SPILLER G.A. et al.: Plant fibres in nutrition: Need for better nomenclature. Am. J. Clin. Nutr. 28, 675 (1975).
123. SPILLER G.A. et al.: A new term for plant fibres in nutrition. Am. J. Clin. Nutr. 29, 934 (1976).

124. SPILLER G.A. et al.: Effect of purified cellulose, pectin, and a low-residue diet on fecal volatile fatty acids, transit time, and fecal weight in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 33, 754 (1980).
125. SRINIVASAN S.R.: Effects of dietary sodium and sucrose on the induction of hypertension in spider monkeys. *Am. J. Clin. Nutr.* 33, 561 (1980).
126. STAEHELIN H.G.: Die Cholesterin-Kontroverse. *Ther. Umsch.* 37, 649 (1980).
127. STOLLEY H., KERSTING M., DROESE W.: Säuglingsernährung in der BRD - Bestandesaufnahme 1976. In: Schreier K. und Eckert I. (Hrsg.): Ernährung und Umwelt - Eine Bestandesaufnahme. Thieme, Stuttgart (1976).
128. STOLLEY H., DROESE W.: Energie- und Nährstoffversorgung im Verlaufe der Kindheit. 1. Nahrungsmenge und Energie. *Mschr. Kinderheilk.* 125, 929 (1977).
129. STOLLEY H.: Beikost. In: Hövels E. (Hrsg.): Säuglingsernährung in den ersten Lebensmonaten in Klinik und Praxis. Thieme, Stuttgart (1978).
130. STOLLEY H., DROESE W.: Energie- und Nährstoffversorgung im Verlaufe der Kindheit. 2. Protein. *Mschr. Kinderheilk.* 126, 524 (1978).
131. STOLLEY H., DROESE W.: Prophylaxe in der Ernährung von Kleinkindern und Schulkindern. *Ernährungs-Umschau* 26, 407 (1979).
132. STOLLEY H., DROESE W.: Energie- und Nährstoffversorgung im Verlaufe der Kindheit. Fett, Linolsäure und Cholesterin. *Mschr. Kinderheilk.* 127, 80 (1979).
133. STOLLEY H., DROESE W.: Energie- und Nährstoffversorgung im Verlaufe der Kindheit. 4. Calcium, Phosphor und Magnesium. *Mschr. Kinderheilk.* 128, 141 (1980).
134. STRANSKY M., KOPP P.M., BLUMENTHAL A.: Ernährungserhebung in schweizerischen Rekrutenschulen. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* 71 (1980).
135. TEUSCHER A.: Aerztliche Erläuterungen zur Ernährung bei Diabetes. *Ther. Umsch.* 37, 640 (1980).
136. THIFFAULT C., BÉLANGER M., POULIOT M.: Traitement de l'hyperlipoprotéiémie essentielle de type II par un nouvel agent thérapeutique la celluline. *Can. Med. Assoc. J.* 103, 165 (1970).
137. THOMAS B.: Ballaststoffe des Getreides im Wandel wissenschaftlicher Beurteilung. *Ernährung* 1, 3 (1977).
138. THOMAS B.: Brot als Ballaststoffträger. *Ernährung / Nutrition* 3, 235 (1979).
139. THOMAS B.: Ballaststoffe, Bestandteil pflanzlicher Nahrungsmittel - mit vorbeugender Heilwirkung? *der Deutsche Apotheker* 31, 201 (1979).

140. THOMPSON M.H., HILL M.J.: The effect of dietary fibre on intestinal flora and carcinogenesis. In: Rottka H. (Hrsg.): Pflanzenfasern - Ballaststoffe in der menschlichen Ernährung. Thieme, Stuttgart (1980).
141. THOREN L.: Magnesium deficiency in gastrointestinal loss. Acta. Chir. Scand. 306, Suppl. 5 (1963).
142. TOENZ O.: Die Ernährungssituation des Säuglings in der Schweiz. In: Brubacher G. und Ritzel G. (Hrsg.): Zur Ernährungssituation der schweizerischen Bevölkerung. Hans Huber, Bern (1975).
143. TOENZ O.: Moderne Säuglingsernährung: Praktische Hinweise. Ther. Umsch. 35, 623 (1978).
144. TOENZ O., SCHWANINGER U.: Die Säuglingsernährung in der Schweiz 1978. 1. Teil: Natürliche Ernährung: Das Stillen. Schweiz. med. Wschr. 110, 937 (1980).
145. TOENZ O., SCHWANINGER U.: Die Säuglingsernährung in der Schweiz 1978. 2. Teil: Die künstliche Ernährung. Schweiz. med. Wschr. 110, 1522 (1980).
146. TROWELL H.: Ischaemic heart disease and dietary fiber. Am. J. Clin. Nutr. 25, 926 (1972).
147. TROWELL H.: Definitions of fibre. Lancet 1, 503 (1974).
148. TROWELL H.: Definition of dietary fibre and hypotheses that it is a protective factor in certain diseases. Am. J. Clin. Nutr. 29, 417 (1976).
149. TSANG R.C.: Neonatal magnesium disturbance. Amer. J. Dis. Child 124, 282 (1972).
150. TSUJI K. et al.: Effect of polysaccharides on cholesterol metabolism. 1. Studies on konnyaku powder, sodium alginat and pectin. Jpn. J. Nutr. 26, 113 (1968).
151. TRURNIT G.: Eisen- Ein wichtiger Nährstoff. Ernährungslehre und -Praxis. Beilage zur Ernährungs-Umschau Nr. 6, B 29 (1978).
152. VIOLA S., ZIMMERMANN G., MOKADY S.: Effect of pectin and algin upon protein utilization, digestibility of nutrients and energy in young rats. Nutrition Report International 1, 367 (1970).
153. WASER P.G., LEHMANN H.: Praktische Pharmakotherapie. Schwabe, Basel/Stuttgart (1977).
154. WELLS A.F., ERSHOFF B.H.: Beneficial effects of pectin in prevention of hypercholesterolaemia and increase in liver cholesterol in cholesterol-fed rats. J. Nutr. 74, 87 (1961).
155. WHARTON H.W.: Polyungesättigte Fettsäuren. In: Bergmeyer H.U. (Hrsg.): Methoden der enzymatischen Analyse. 3. Auflage, Band II, 1854 (1974).
156. WHO: Manual of the international classification diseases, injuries, and causes of death. 6th revision of the international list of diseases and causes of death, adopted 1948, Vol. 1, Geneva, Switzerland (1948).

157. WHO - Technical report series no. 452: Requirement of ascorbic acid, vitamin D, vitamin B 12, folate and iron. Geneva (1970).
158. WHO - Expert committee on trace elements in human nutrition, Wld. Hlth. Org. techn. Rep. Ser. Nr. 532 (1973).
159. WIRTS W.: Energiebedarf. Ernährungs-Umschau 22, 259 (1975).
160. WISSENSCHAFTLICHE TABELLEN GEIGY, Teilband Körperflüssigkeiten, 8. Auflage, Basel (1977).
161. WYNDER E., GRAHAM S., EISBERG H.: Conference of etiologie of cancer in the gastrointestinal tract. Report of the research committee, WHO, on gastroenterology, New York (1965).
162. ZIEGLER E.E.: Natrium, Chlorid und Kalium; renale Molenlast und Probleme des Wasserhaushaltes in der Säuglingsernährung. Mschr. Kinderheilk. 122, 279 (1974).
163. ZILVERSMIT D.B.: Dietary fibre. In: Levy R., Rifkind B., Dennis B., Ernst N. (Hrsg.): Nutrition, Lipids, and coronary heart disease. Raven Press, New York (1979).
164. ZUPPINGER K.: Das übergewichtige Kind. Ther. Umsch. 33, 733 (1974).

Zum Schluss möchte ich Herrn Dr. med. M. Stransky für die freundliche Ueberlassung des Themas und seine wertvollen Ratschläge herzlich danken. Bestens danken möchte ich auch Herrn Prof. M. Schär für die wohlwollende Beurteilung der Arbeit. Besonderen Dank gebührt den Mitarbeitern des Institutes für Ernährungsfor-
schung, die durch ihre kompetent durchgeführten Analysen die Arbeit erst ermöglichten. Mein Dank geht auch an die Dres. Thédy und Fontanellaz; sie vermittelten uns die zur Mitarbeit bereiten Mütter.

CURRICULUM VITAE

Ich wurde am 10. Mai 1951 in Schaffhausen geboren. Dort besuchte ich auch die Primar-, Real- und Kantonsschule, die ich 1972 mit der Maturität Typ C abschloss.

Das Medizinstudium absolvierte ich in Zürich. 1979 bestand ich das Staatsexamen. Im ersten Halbjahr 1980 arbeitete ich auf der Radiologischen Abteilung des Spitals Limmattal. Gegenwärtig bin ich Assistenzarzt am Fliegerärztlichen Institut in Dübendorf. Meine Weiterausbildung zum FMH für Allgemeine Medizin erfolgt im Limmattalspital in Schlieren.

